

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**INOVACE KONSTRUKČNÍCH METODIK
ŽENSKÉHO ZPEVŇOVACÍHO PRÁDLA**

**INNOVATION PATTERN TECHNIQUE OF
WOMEN'S INTIMATE APPAREL**

LIBEREC 2013

ANNA VASHCHUK

PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 27.05.2013

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Blaženě Musilové Ph.D. z katedry oděvnictví, doc. Ing. Miroslavovi Svobodě a Ing. Lubomírovi Slavíkovi Ph.D. z Ústavu mechatroniky a technické informatiky za jejich rady a čas, který mi věnovali při řešení dané problematiky.

ANOTACE

Hlavní funkce zpevňovacího prádla je komfort a hygiena. Tvarovací a podpůrná funkce zpevňovacího prádla vyžaduje působení kompresních tvarovacích sil, které při neshodnosti velikostí a chybném konstrukčním řešení mohou způsobit nositelce bolestivé pocity nositelky a následně k ohrožení jejího zdravotního stavu.

V teoretické části jsou definované požadavky komfortu na zpevňovací prádlo a vysvětlena problematika řešení komfortu podprsenky podle výzkumu, které byly provedeny v vědeckém světě. Byla objevená problematika existujících metodik řešení a zjišťování působení svěrných účinků zpevňovacího prádla na lidské tělo.

V praktické části byla nalezená experimentální metodika měření kompresních účinků zpevňovacího prádla na tělo ženy a byl proveden experiment. Byla prozkoumana teorie měření teploty kůže pomocí termovize.

Na realizovaném korzetovém výrobku byla testována efektivnost inovačních kroků.

ABSTRACT

The main function of female underwear is the comfort and hygiene. Form-building and supporting function of underwear demands participation of compression form-building forces which at discrepancy of the size of a product and a wrong cut can lead to formation of painful feelings and to further threat of health.

In theoretical part conditions of comfort of the bottom lingerie and existing techniques of the solution of a question of comfort of a bra, on the basis of the researches which have been carried out in the scientific world were defined. Inaccuracies of existing techniques of definition of compression effect of underwear on a body of the person were revealed.

In practical part the experimental technique of measurement of compression effect of underwear on a body of the woman was used and experiment was made. The theory of measurement of skin temperature using a termovision was studied. On the realized product efficiency of an innovative technique was tested.

АННОТАЦИЯ

Главной функцией женского нижнего белья является комфорт и гигиена. Формообразующая и поддерживающая функция нижнего белья требует участия компрессионных формообразующих сил, которые при несоответствии размера изделия и ошибочного кроя могут привести к образованию болезненных ощущений и к дальнейшей угрозе здоровья.

В теоретической части были определены условия комфорта нижнего женского белья и существующих методик решения вопроса комфорта бюстгалтера, на основании исследований, проведенных в научном мире. Были выявлены неточности существующих методик определения компрессионного эффекта нижнего белья на тело человека.

В практической части была использована экспериментальная методика измерения компрессионного эффекта нижнего белья на тело женщины и был проведен эксперимент. Была изучена теория измерения температуры кожного покрова с помощью термовизии.

На реализованном изделии была тестирована эффективность инновационной методики.

KLÍČOVÁ SLOVA

zpevňovací prádlo

svěrný účinky

termovize

kompresní síly

kapacitní snímač

tlak na tělo

KEYWORDS

underwear

compression effect

termovision

compression forces

capacitor sensor

pressure on body

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

нижнее белье

компрессионный
эффект

термовизия

силы компрессии

ёмкостный сенсор

давление на тело

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ, ZNAČEK A ZKRATEK	6
SEZNAM OBRAZKU A GRAFU.....	7
SEZNAM TABULEK	9
ÚVOD	10
1.KOMFORT ZPEVNŮVACÍHO PRÁDLA.....	11
1.1 Požadavky komfortu na zpevňovací prádlo	11
1.2 Padnutí podprsenek.....	12
2. SÍLY PŮSOBÍCÍ V PODPRSENCE	14
2.1 Popis rovnice rovnováhy sil, působících v podprsence	14
2.2 Následek působení kompresních sil.....	16
3. TERMOVIZE.....	18
3.1 Termovize ve zdravotnictví	18
3.2 Teplota kůže	19
3.2.1 Vnější faktory detekce teplotního reliéfu.....	19
3.2.2 Kolísání teploty těla v průběhu dne	21
4. VÝBĚR STŘIHOVÉ KONSTRUKCE.....	22
4.1 Analýza existujících metodik konstrukce střihu podprsenky.....	22
4.2 Postup konstrukce Modellissimo	23
4.3 Postup konstrukce podle metodiky Müllera.....	27
4.4 Postup konstrukcí Kristiny Shin	30
4.5 Zpracování vzorku, zkouška a výběr konečné metodiky	32
5. VYPRACOVÁNÍ SENZORU PRO SNÍMÁNÍ VNĚJŠÍCH ÚČINKŮ PODPRSENKY	37
5.1 Kapacitní senzor tlaku.....	37
5.2 Princip kapacitního senzoru tlaku	37
6. PRAKTICKÁ ČÁST.....	40
7. METODA TERMOVIZNÍHO SNÍMÁNÍ.....	41
7.1 Podmínky experimentu	41
7.2 Postup experimentu.....	42
7.3 Termovizní kamera. Popis přístroje	42
7.3.1 Parametry snímání	42
8. PROBANDKA.....	44
9. PŘEDEXPERIMENT	45
9.1 Problematika nastavení rozsahu teplot.....	45
9.2 Problematika označování bodu	45
10. EXPERIMENT POMOCÍ KAPACITNÍCH SNÍMAČŮ	47
10.1 Kalibrace přístroje.....	49
10.2 Postup kalibrace	51
11.EXPERIMENTÁLNÍ PODPRSENKA.....	52
12.EXPERIMENT	55
12.1Postup experimentu.....	57
13.ZPRACOVÁNÍ DAT.....	60
13.1Zony komfortu.....	61
13.2 Experiment pomocí metodiky snímání kapacitními snímači	64
13.3 Srovnání dat dvou metodik	66
14.ZAVĚR A SHRUTÍ VÝSLEDKŮ	67
POUŽITA LITERATURA.....	69

SEZNAM SYMBOLŮ, ZNAČEK A ZKRATEK

75 B	Označení velikosti podprsenky podle normy
\vec{P}	Vektorní veličina, označení působící síly
3D	Prostorový tvar
\overline{F}_6^z	Oznažení projekce síly na osu OZ
$\cos\beta$	Kosinus úhlu
Pa	Zkratka paskal
ČSN EN	Česká statní norma
IČ	Infračervený spektrum
Δ	Rozdil mezi hodnotami
TUL	Technická Úniverzita v Liberci
2D	Plošný tvar
KOD	Katedra oděvnictví
min	minut

SEZNAM OBRAZKU A GRAFU

- Obr. 1 Rozmanitost chyb padnutí podprsenky
- Obr.2 Schéma sil, působících v podprsence
- Obr. 3 Sledování cirkulace krve v hlavě
- Obr. 4 Termogramy prsou žen a hodnoty teplot v místě působení komprese
- Obr. 5 Graf kolísání teploty těla člověka v průběhu dne
- Obr. 6 Konstrukce košíku podprsenky podle ruských metodik
- Obr. 7 Konstrukce podprsenek podle metodiky Müller a Virtel
- Obr. 8 Základní konstrukce dámské halenky podle metodiky Modellissimo
- Obr. 9 Modelování podle postupu v příloze, tab. 5
- Obr. 10 Střih podprsenky podle metodiky Modellissimo
- Obr. 11 Základní konstrukce dámského body podle metodiky Müller (horní část konstrukce, postup v příloze tab.6)
- Obr. 12 Modelování podle postupu v příloze tab. 7
- Obr. 13 Střih podprsenky podle metodiky Müller
- Obr. 14 Základní střih konstrukce s kosticemi podle metodiky Kristiny Shin
- Obr. 15 Konečný střih konstrukce podprsenky podle metodiky Kristiny Shin
- Obr. 16 Padnutí zkušebního vzorku podprsenky na probandce. Podprsenka je vyrobená podle metodiky Modellissimo
- Obr. 17 Padnutí zkušebního vzorku podprsenky na probandce. Podprsenka je vyrobená podle metodiky Müuller
- Obr. 18 Padnutí zkušebního vzorku podprsenky na probandce. Podprsenka je vyrobená podle metodiky Kristiny Shin
- Obr. 19 Střih upravené podprsenky vyrobené podle metodiky Modellissimo
- Obr. 20 Padnutí upravené podprsenky na probandce
- Obr. 21 Konečné modelování střihu podprsenky pro ušití ve výrobě.
- Obr. 22 Schéma kapacitního senzoru tlaku
- Obr. 23 ThermoCam S 60 (dle literatury [23])
- Obr. 24 Označování bodu a viditelnost „rámečku“ na snímku termovize
- Obr. 25 Schéma umístění bodu na těle a podprsence.

Obr. 26 Snímky předexperimentu. Povrchová teplota kůže ve stavu klidu, po 5, 15, 30 minutách nošení podprsenky

Obr. 27 Schemata zkušebního snímače pro kalibrace

Obr. 28 Ukazka zkušebního snimače pro kalibrace

Obr. 29 Ukázka schématu programu pro kalibrace zkušebního vzorku, vypracována ve software LabView

Obr. 30 Příklad zobrazení grafu jednotlivého měření v průběhu kalibrace

Obr. 31 Graf provedení kalibrace zkušebního snímače tlaku

Obr. 32 Experimentální podprsenka

Obr. 33 Ukazka pole „epsilon“ v programu LabView

Obr. 34 Ukazka reagování senzoru na vykonání pohybu probandkou

Obr. 35 Ukazka reagování senzoru na přiléhavost stříhu v místě umístění senzoru

Obr. 36 Označení senzorů, které jsou funkční

Obr. 37 Ukázka změny teplotního reliéfu v průběhu experimentu. Snímek IČ spektru

Obr. 38 Ukázka sil působících na košíček podprsenky při provedení experimentu

Obr. 39 Zóny komfortu na košíčku podprsenky

Graf. 1 Kalibrační křivka

Graf. 2 Zóna komfortu na pravém košíčku podprsenky na základě metodiky změny teplotního reliéfu kůže

Graf. 3 Zóna komfortu na levém košíčku podprsenky na základě metodiky změny teplotního reliéfu kůže

Graf. 4 Závislosti změny teploty ΔT na tlaku P

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Požadavky komfortu na zpevňovací prádlo

Tab. 2 Tabulka stupně komprese podle německé normy

Tab. 3 Povrchová teplota kůže člověka (°C)

Tab. 4 Tělesné rozměry potřebné pro konstrukci podprsenky podle metodiky Modellissimo

Tab. 5 Tělesné rozměry potřebné pro konstrukci podprsenky podle metodiky Müllera

Tab. 6 Srovnání padnutí zpracovaných vzorků podprsenek

Tab.7 Parametry nastavení kamery

Tab.8 Změna povrchové teploty kůže při provedení experimentu

Tab. 9 Data experimentu dle metodiky snímání hodnot komprese kapacitními snímači

Tab.10 Srovnání dat dvou metodik

ÚVOD

Po celý svůj život nosí ženy podprsenky, které mají tvarovací a podpůrnou funkci prsou. Prsní žlázu tvoří tuková tkáň, neobsahuje tedy žádné svalstvo. Proto v pozdějším věku, po porodu a kojení, žlázy ztrácí svoji elastickou formu a potřebují kvalitní podporu pomocí zpevňovacího prádla.

Je důležité si uvědomit, že hlavní funkce zpevňovacího prádla je komfort a hygiena. Ženy se mají ve zpevňovacím prádle cítit pohodlně, protože ho nosí více než 12 hodin denně po celý týden. Tvarovací a podpůrná funkce zpevňovacího prádla vyžaduje působení kompresních tvarovacích sil, které při neshodnosti velikostí a chybném konstrukčním řešení mohou způsobit nositelce bolestivé pocity nositelky a následně vest k ohrožení jejího zdravotního stavu.

Cílem této diplomové práce je:

- 1) Provést rešerši zahraničních vědeckých výsledků v oblasti konstrukčních metodik tvarů stříhových dílů zpevňovacího prádla s aspektem na komfort nošení. Studovat metody definování svěrných účinků textilií na povrch lidského těla.
- 2) Experimentálně nalézt metodiku měření kompresních účinků zpevňovacího prádla na tělo ženy a provést experiment. Prozkoumat teorie měření teploty kůže pomocí termovize.
- 3) Realizovat korzetový výrobek a testovat efektivnost inovačních kroků. Vypracovat zónu komfortu pro daný výrobek.
- 4) Analyzovat výsledky měření kompresních účinků a diskutovat o závěrech.

V současné době velký rozvoj v oblasti zdravotnictví udělala metodika termovizního snímání. Pomocí termovize je možnost stanovit anomálně vyzařující teplo oblastí na povrchu kůže. Na tomto principu lze stanovit oblasti působení kompresních sil (Ivkin 2010, [10]). V místě působení svěrných účinků povrchová teplota kůže zvyšuje a změna teploty je viditelná v IČ spektru.

Provedení výzkumu ukáže možnosti využití metodiky termovizního snímání pro stanovení veličiny kompresních sil zpevňovacího prádla a další kroky rozvoje dané metodiky.

1. KOMFORT ZPEVNŮVACÍHO PRÁDLA

1.1 Požadavky komfortu na zpevňovací prádlo

Komfort zpevňujícího prádla je určen skupinou požadavků, které jsou popsány v práci doktorandky Balandinové [1], uvedeno v tabulce č. 1. Funkce ovlivňuje materiálové a konstrukční řešení výrobku. Je-li jediná část z technologického procesu řešena chybně, není možné označit výrobek jako komfortní.

Funkce	Údaje požadavku
Estetická	- Modelové řešení
	- Materiálové řešení
	- Kvalita výrobku
	- Odpovídající velikost
Ergonomická	- Statický postoj
	- Dynamický postoj
Hygiena	- Prodyšný, hydrofilní, neelektrizuje,
	- Zdravotně nezávadný výrobek
	- Komfort oblékání a svlékání
Funkční	- Podpora prsou
	- Tvarovací funkce
Ošetřování	- Životnost (trvanlivost, pevnost materiálu)
Sociální a psychofyzilogická	- Soulad vnějšího vzhledu výrobku se současnými módními trendy
	- Psychofyzilogická shodnost

Tab. 1 Požadavky komfortu na zpevňovací prádlo [1]

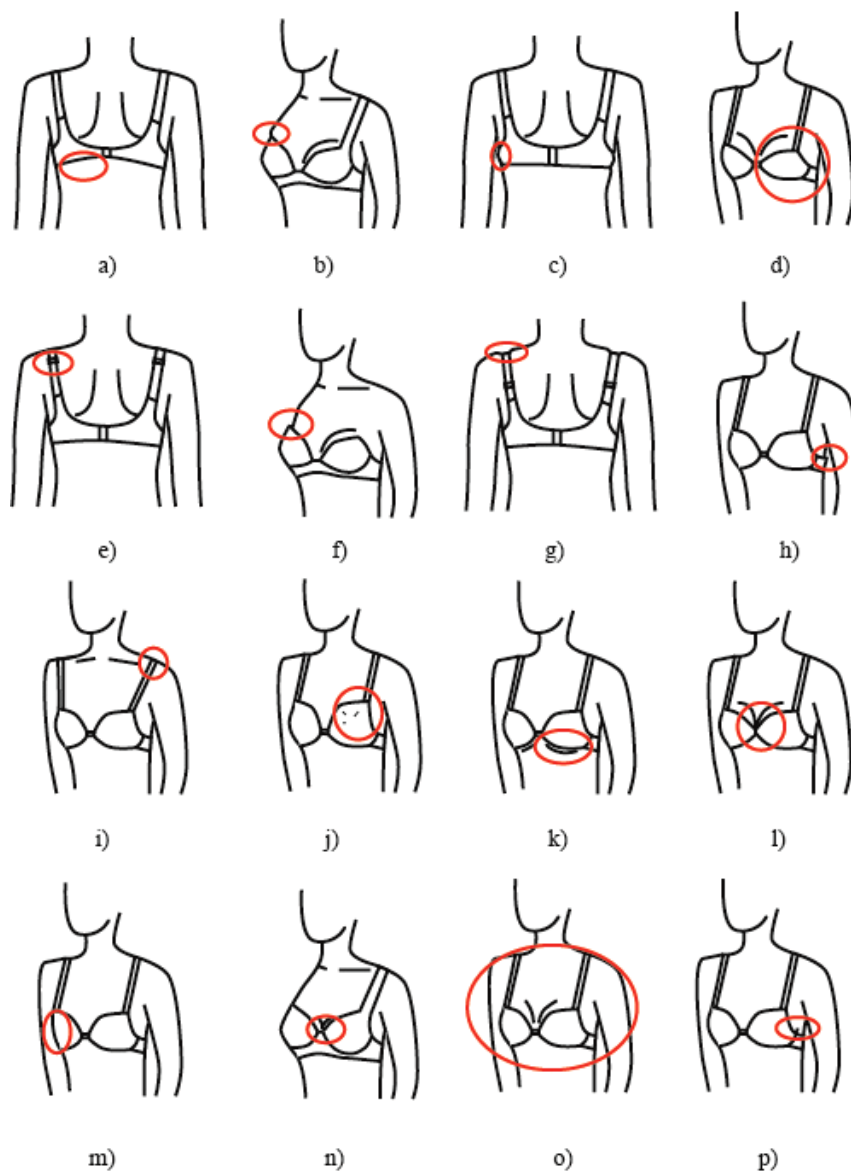
Komfortem výrobku je označena shoda všech požadavků a soulad mezi nimi. Funkce sociální a estetické jsou velice subjektivní, jelikož je člověk řeší dle svého individuálního vnímání konkrétního oblečení. Funkce a vzory se mohou měnit podle ročního období, kultury a módy. Ostatní funkce mají určené normy a druhy komfortu, podle kterých se experimentálně zkouší materiálová shoda výrobku s funkcemi lidského organismu a konstrukční soulad výrobků s formou lidského těla. Materiálová shoda znamená, že materiál, ze kterého je výrobek vyroben, neohrožuje vykonání životních funkcí organismu, tj. nedojde k porušení cyklu metabolismu. Konstrukční shoda výrobku s 3D tvarem ženského těla znamená, že konstrukce a technologie výroby nebrání člověku vykonávat jakýkoliv pohyb a při pohybu nedojde k podráždění nebo nekomfortnímu stavu.

1.2 Padnutí podprsenek

Každá žena má jedinečnou postavu a jinak vyvinuté prsní žlázy. Z tohoto důvodu existují normované tabulky rozměrů, dle kterých v průmyslové výrobě šijí podprsenky daných velikostí. Velikost oděvu je definována pomocí hodnot primárních rozměrů, popřípadě sekundárního rozměru. Tyto rozměry odpovídají standardizovanému označení velikosti oděvu, které může být použito výrobcí a obchodníky k informování zákazníků o tělesných rozměrech osoby, pro kterou je oděv určen. Velikostní sortiment je definován technickou normou ČSN EN 13402-3 (dle literatury [22]), výrobek je symbolicky označen „číslem/velkým písmenem“, např. 75 B. „Číslo“ - je podprsní obvod hrudníku v cm, a „Písmeno“ – je označení plnostní skupiny, označení velikosti košíčku (viz. Tab.1 v příloze dle literatury [23]). Ve skutečnosti málokdy potkáme ženu, jež má velikost odpovídající rozměru v tabulkách. Velikostní sortiment je vypočítán pomocí statistických výpočtů, proto v obchodě velice často dostáváme špatně padnoucí prádlo. Alternativní řešení neexistuje. Velké množství žen nosí celý svůj život prádlo, které jim v určitém místě nesedí, tlačí, táhne, nebo nedrží prsa. Čím větší rozměr košíčku má probandka, tím je složitější najít pro ni komfortní podprsenku. Toto se týká i starších žen, které potřebují prádlo vybírat pečlivěji.

Americká profesorka Susan Nethero [5] ve své práci řeší statisticky chybné padnutí podprsenek. Zkoumala 1500 žen ve Spojených státech a došla k závěru, že 65% probandek mělo diskomfortní pocity při oblékání své podprsenky. Více než 50% mělo přetaženou zadní část podprsenky, více než 50% mělo nedostatečnou podporu prsou, padnutí ramínek (50%), bolesti v místě kostice (35%), nedostatečnou výšku košíčku (25%), podprsenka se celá zdvíhala nahoru (27%), ramínka se zařezávají do ramen (28%), nedostatečné zvednutí prsou (25%).

Profesor Chan [6] ve své práci řešil problematika místa a poukázal na příčiny a možná řešení těchto problémů. Tvrdí, že hlavním problémem je nesprávné rozložení sil a váhy prsou mezi rameny a zády. Tento problém lze odstranit tím, že ramínka musí ležet na přímce, která je nejkratší vzdáleností od hmotného středu prsu k linii ramene a musí odolávat působícím tlakovým silám.



Obr. 1 Rozmanitost chyb padnutí podprsenky [6]

a) zdvihnutí podprsenky nahoru; b) přetažení horního okraje košíku, vyboulení; c) přetažení zády; d) malá výška košíku; e) velká délka ramínek; f) nepřiléhavost horního okraje košíku; g) přetažení ramen; h) nepřiléhavost sedla podprsenky; i) spadnutí ramínek; j) vrásnění košíku; k) přední část podprsenky se zdvihá nahoru; l) mezipsní část nesedí na hrudní kosti; m) plochý košíček; n) kostice vystupuje do mezipsní části; o) nedostatečná podpora prsou; p) kostice vystupuje ze strany podprsenky do podpaží.

2. SÍLY PŮSOBÍCÍ V PODPRSENCE

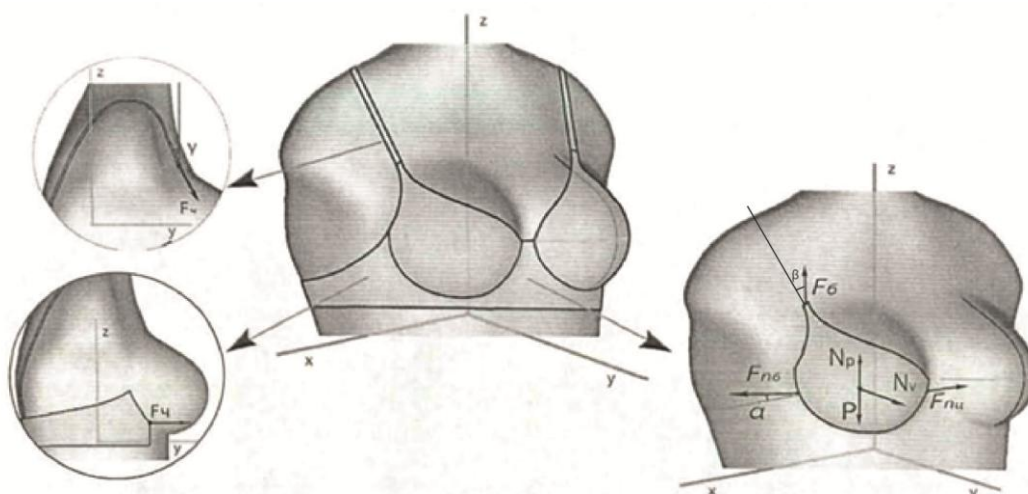
2.1 Popis rovnice rovnováhy sil, působících v podprsence

Základní a hlavní funkce zpevňujícího prádla, které budou v této části práce zmíněny, je funkce podpory prsou a formování.

Po oblékání podprsenky mění prsní žláza svůj tvar a zvedá se nahoru. Zvedání se prsní žlázy nahoru vzniká díky držení a zkrácení ramínek podprsenky. Oblý tvar prsou vzniká pomocí vnějších účinků vznikajících mezi košíkem a prsní žlázou. Vypouklý nebo plochý tvar prsních žláz závisí na síle vnějších účinků košíku a délce sedla podprsenky. Zkrácením zadní části sedla je možno zvýšit komprese košíku zepředu na prsa. To znamená, že na každé konstrukční části (sedle, košíku, ramínkách) vznikají formující komprese. Tyto síly mají být v rovnováze, aby tvar prsní žlázy v podprsence odpovídal požadovanému tvaru (dle literatury [1]).

Síly, které působí na košíček, lze vidět na obr. č. 2.

- Hmotnost prsní žlázy P ,
- Síla napětí ramínka F_6 ,
- Síla napětí sedla F_n , která se skládá ze síly napětí boční části sedla podprsenky F_{n6} a centrální části sedla F_{nu}
- Síla pružnosti prsní žlázy N , která se skládá ze síly odporu průvěsu kůže N_p a síly odporu žlázy komprese N_v .



Obr.2 Schéma sil, působících v podprsence [1]

Rovnice rovnováhy sil v podprsence:

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F_6} + \vec{F_n} = 0, \quad (1)$$

A jejich projekce na osy X, Y, Z:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{F_{n6}^x} - \overline{F_{nu}^x} - \overline{F_6^x} = 0 \\ \overline{N_v} - \overline{F_{n6}^y} - \overline{F_6^y} = 0 \\ \overline{N_p} - \overline{P} + \overline{F_6^z} = 0 \end{array} \right\}, \quad (2)$$

Popis rovnice projekce na osy X: Aby se prsní bod nepřemísťoval ze své přirozené pozice, musí být síly napětí boční části sedla $\overline{F_{n6}}$ a centrální části sedla $\overline{F_{nu}}$ rovny a ramínko musí směřovat vertikálně k linii ramen ($\cos\beta = 0$) [1]:

$$\overline{F_{n6}^x} = \overline{F_{n6}} \cos\alpha = \overline{F_{nu}}, \overline{F_6^x} = \overline{F_6} \cos\beta = 0. \quad (3)$$

Popis rovnice projekce na osy Y:

$$\overline{F_{n6}^y} = \overline{F_{n6}} \sin\alpha = \overline{N_v} \quad (4)$$

Znamená, že zploštění košíku je závislé na veličině síly $\overline{F_{n6}^y}$. U pevného košíku vyrobeného z PUR pěny nebo silikonu je hodnota síly $\overline{F_{n6}^y}$ mnohem větší, než u košíku vyrobeného z textilního materiálu, kde je efekt deformace ženského prsu mnohem větší [1].

Popis rovnice projekce na osy Y. Síly \bar{P} a \bar{N}_p jsou závislé na hmotnosti prsní žlázy a pružnosti textilie. Poměr těchto sil určuje zatížení prsní žlázy na dolní část košíčku a ramínko. Čím je větší tvarovací efekt košíčku na tvar prsou, díky kterému se zdvíhají prsa nahoru, tím je větší síla \bar{F}_6^z - síla působící na ramínko podprsenky.

Dané zatížení je určené vztahem:

$$\bar{F}_6^z = \bar{F}_6 \cos \gamma \quad (5)$$

γ – úhel sklonu koše ke hrudníku v místě začátku prsní žlázy [1].

2.2 Následek působení kompresních sil

Síly, které působí při nošení podprsenky na trup ženy, mohou mít negativní účinek na zdraví nositelky. Když síly dosáhnou kritických hodnot a působí dlouhou dobu, mohou mít za následek bolestivé pocity nositelky v místě tlaku zpevňovacího prádla na tělo.

V literatuře [7] je uveden článek, který pojednává o důležitosti komprese elastického zpevňujícího prádla a souvisejícího komfortu. Spousta vědců se zabývá otázkou, jaký následek má vnější účinek zpevňovacího prádla na ženské tělo a jaké jsou povolené hodnoty komprese.

Ikuta (1970) [8] ve své práci píše, že když je spodní prádlo příliš těsné, nositelka v průběhu nošení cítí horkost a začíná se potit. Singer a Soma [9] provedli průzkum na více než 4700 ženách ze Spojených států a dozvěděli se, že existuje vztah mezi rizikem vzniku rakoviny prsu a dobou nošení podprsenky. I jiné zdravotnické výzkumy uvádějí, že komfort a doba nošení podprsenky ovlivňují možnost vzniku prsních nemocí a rakoviny hrudníku. Tyto předpoklady ještě nejsou ověřené praktickým výzkumem.

Je jisté, že těsné spodní prádlo ovlivňuje vznik jiných negativních fyziologických účinků na ženské tělo, jako je ovlivnění srdeční činnosti, snížení prokrvení kůže, zvýšení vnitřní teploty, zpomalení činnosti metabolismu organismu.

Také výzkumy ukázaly [15], že denní nošení těsného spodního prádla může narušit menstruační cyklus ze 30 na 45 dnů. Proto vědec Yu [14] provedl výzkum, ve kterém figurovaly ženy z Hong Kongu. Cílem bylo prozkoumat následek vnějších účinků spodního prádla, když jsou ženy v kontrolovaném prostředí a mají pravidelné stravování, životní styl a spánek během cyklu. Spodní prádlo měla každá probandka ušitě na míru. Experimentem bylo dokázáno, že byl menstruační cyklus narušen vlivem nošení těsného spodního prádla po dobu několika měsíců.

Aby k tomuto negativnímu efektu nedocházelo, nesmí vnější účinek zpevňujícího prádla ovlivňovat hodnoty normálního tlaku krve v kapilárách, dle práce Ivkina [10]. Ze zdravotnické literatury je známo, že normální tlak krve v kapilárách se rovná 1333,0 Pa -1999,0 Pa a jeho maximální hodnota, kdy dochází k plnému sevření kapilár, se rovná 9331Pa.

Studie Lim [12] prokázala, že různé části těla mají různé povolené hodnoty komprese. Hodnoty povolené komprese v oblasti trupu na kosterním povrchu jsou větší, než v oblasti měkkých tkání. V práci Lim a jejích kolegů se píše, že hodnoty komprese jsou 441,3 Pa - 882,6 Pa pro oblast pasu, 784,5 Pa – 1225,8 Pa pro oblast břicha, 588,4 Pa – 1078,7 Pa pro oblast kyčlé, 588,4 Pa – 882,6 Pa pro oblast stehen, ale 1667,1 Pa – 2745,9 Pa pro oblast žeber. Tyto rozdíly vědci zdůvodňují tím, že různé oblasti mají různé zakřivení 3D tvaru a různý obsah měkkých tkání.

V německé normě komprese zdravotních zpevňujících punčoch je uvedena tabulka stupně komprese (tab. 2). [13]

Třída	Název třídy	Veličina vnějších účinků v kPa
I	Nízká komprese	od 2,4 do 2,8
II	Střední komprese	od 3,1 do 4,3
III	Vysoká komprese	od 4,5 do 6,1
IV	Velmi vysoká komprese	od 6,5 a vyšší

Tab. 2 Tabulka stupně komprese podle německé normy [13]

Je tedy známo, že stupeň komprese ovlivňuje složení hmotnostní soustavy lidského těla: kosterní, svalové a kožní. Fan a Chan ve své práci [11] provádí výzkum, kde určuje závislost bolestivých pocitů při působení komprese dle složení měkkých tkání, velikosti probanda a složení jeho kostry. Bylo zjištěno, že probandi s větším procentem tuku a měkkých tkání měli menší bolestivé pocity při působení komprese oděvu na jejich těla.

V literatuře [10] a [12], jsou uvedené dovolené komprese, při kterých se trup nachází v komfortním normálním stavu. Hodnoty stlačení, při kterých dochází k modelovacímu efektu měkkých tkání prsních žláz, nejsou známy. Když provedeme analýzu sil působících na prsní žlázy během nošení podprsenky, dojdeme k závěru [1], že největší vliv mají síly, které jsou ovlivněné hmotností prsních žláz a gravitační silou. To znamená, že největší kompresní síly jsou v dolní části prsních žláz. V tomto místě bude komprese ovlivněná velikostí gravitační síly. Docílení tvarovacího efektu prádla bude vyžadovat zajištění větší komprese a zatížení ramen.

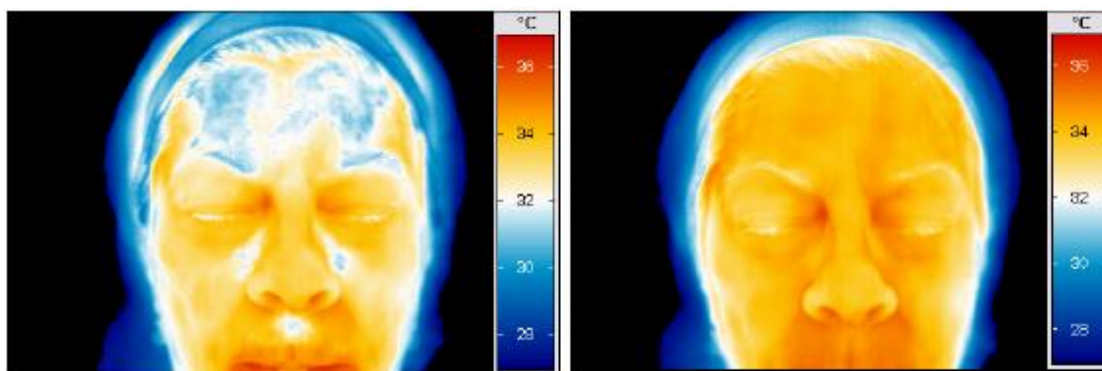
Závěrem lze říci, že vnější účinky spodního prádla na lidské tělo mohou mít negativní následky a ovlivňovat zdravotní stav ženy.

3. TERMOVIZE

3.1 Termovize ve zdravotnictví

V současné době je termovize ve zdravotnictví často používána pro sledování rakoviny. Je známo, že teplota v okolí nádorových ložisek je významně vyšší než teplota ve zdravých tkáních. Dle webového článku [16]: „V současné době za více než 40 let výzkumu bylo o kvalitě a použitelnosti termografické metody vydáno přes 800 vědeckých článků a experimentálně ověřena její spolehlivost na více než 300 000 pacientech s různým stádiem nemoci. Obecně bylo prokázáno, že termografická diagnostika rakoviny prsu prokazatelně ukáže patologická místa ze 70% ještě před mamografickou zkouškou.“

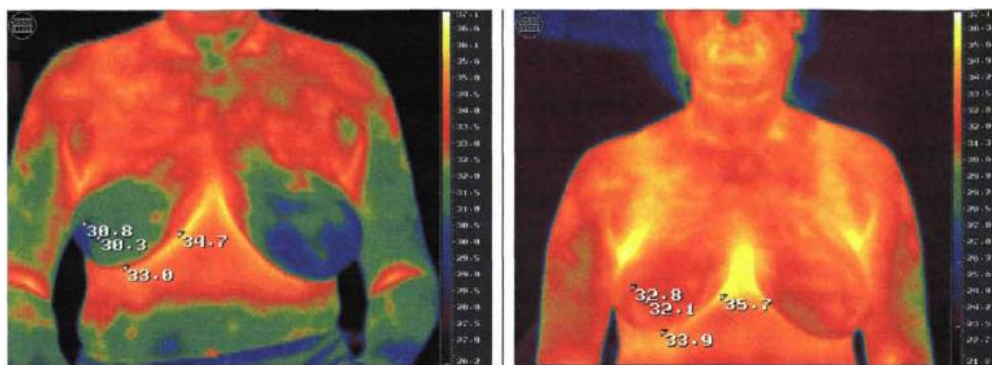
Doktor Fritz H. Hemmerich ve svém článku [17] popisuje možnosti využití termoskenování pro sledování prokrvení kůže. Oblast s narušením cirkulace krve má menší teplotu (obr. 3).



a) Stav onemocnění, b) Stav po zahájení léčby

Obr. 3 Sledování cirkulace krve v hlavě [17]

Ivkin ve své disertační práci [10] použil termovizi pro měření vnějších účinků zpevňujícího prádla. Je známo, že při působení kompresních sil se stlačí krevní podkožní kapiláry a krevní tlak v oblasti komprese se zvýší. Tím se zvýší rychlost cirkulace krve a teplota kůže v místě komprese. Na základě tohoto děje Ivkin analyzoval sílu vnějších účinků podprsenky (obr.4).



a) Při nošení podprsenky, b) po svléknutí podprsenky

Obr. 4 Termogramy prsou žen a hodnoty teplot v místě působení komprese [10]

Lze říci, že existuje možnost sledování vnějších účinků pomocí termovize. Nejsou však určeny hodnoty teplot, na které nesmí být kůže zahřívána a extrémní teploty, při kterých dochází k bolestivým následkům. Je tedy potřeba převést rozdíl hodnot teploty "do komprese" a "po působení komprese" do veličiny, která bude ukazovat síly komprese v kPa.

3.2 Teplota kůže

3.2.1 Vnější faktory detekce teplotního reliéfu

Aby bylo možno sledovat jev popsáný v práci Ivkina [10] a provést správné hodnocení tohoto jevu, je potřeba určit vnější faktory, které by mohly ovlivnit výsledky. Tato problematika je popsána v práci Doc. Ing. Aleše Drasticha, CSc. [18], kde jsou uvedené vnější faktory generace a detekce povrchového teplotního reliéfu člověka a jejich specifikace. V závěru vědec uvádí optimální podmínky pro snímání teplotního reliéfu člověka.

Další uvedené citace ([18] str. 75):

- "Teplota obklopujícího prostředí zajistí vasokonstrikci a nevzbudí termoregulační mechanismy (18-22° C),
- zvýšíme kontrast mezi horkým uzlem a obklopujícím prostředím zchlazením povrchu kůže,

- zajistíme ustálený stav termodynamické rovnováhy dostatečně dlouhou aklimatizační dobou (cca 20 min),
- vlhkost vzduchu nepřekročí 50-70%,
- IR ZS je správně zaostřen a má dostatečnou hloubku ostrosti,
- zamezíme proudění vzduchu,
- eliminujeme vliv parazitních umělých i přirozených zdrojů IR.

I přes dodržení uvedených podmínek mohou vzniknout v obraze teplotního reliéfu artefakty vlivem:

- Geometrie snímaného povrchu (změna efektivní emisivity) a konvekční složky termální zátěže.
- Topologie cévního řečiště (zejména chyby v geometrické interpretaci).
- Složení a krevní perfuzi tkáňových vrstev.
- Změn emisivity (make up, krém, pot atd.).
- Jakýchkoliv vnějších fyzikálních stimulů (chlad, teplo, tlak atd.), chemických stimulů (farmaka ovlivňující metabolismus, hormonální soustavu, nervovou soustavu, psychofarmaka atd.) a stimulů psychických (bolest, stresové situace atd.).

Uvedené podmínky musí být zajištěné při provedení experimentu.

Teplota kůže je různá na různých oblastech těla člověka a v průběhu dne může kolísat. Pro představu o hodnotách povrchové teploty lidské kůže je uvedena tab.3.

Okolní teplota	Chodidlo	Bérec	Stehno	Břicho	Záda	Hrud'	Rameno	Předloktí	Ruka	Čelo	Střední hodnota
15	17,4 ±2,4	22,3 ±1,8	23,2 ±2,2	29,1 ±2,3	30,1 ±2,4	29,9 ±2,2	26,2 ±1,3	27,0 ±2,0	19,7 ±2,7	29,7 ±2,1	25,7 ±1,2
20	21,7 ±0,9	25,8 ±1,0	27,9 ±1,5	30,7 ±1,7	31,3 ±1,1	31,9 ±1,1	28,0 ±2,0	27,7 ±0,7	24,0 ±1,3	32,9 ±0,9	28,2 ±0,8
25	27,1 ±0,8	28,9 ±1,0	30,5 ±1,1	33,5 ±0,4	32,7 ±1,5	32,8 ±0,9	30,8 ±2,0	30,3 ±1,3	25,4 ±2,1	33,9 ±0,4	30,6 ±0,9

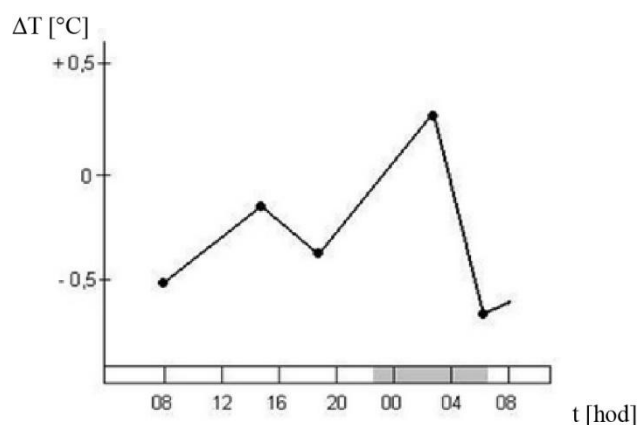
30	31,6 ±1,0	32,7 ±0,7	33,4 ±0,6	34,7 ±0,8	34,4 ±0,8	34,5 ±0,8	33,4 ±0,8	33,6 ±0,6	32,9 ±0,9	34,8 ±0,7	33,4 ±0,5
35	35,5 ±0,3	35,3 ±0,2	35,0 ±0,4	35,1 ±0,6	35,4 ±0,4	35,9 ±0,3	36,0 ±0,2	35,7 ±0,3	35,8 ±0,2	35,8 ±0,6	35,7 ±0,2

Tab. 3 Povrchová teplota kůže člověka (°C) [18]

3.2.2 Kolísání teploty těla v průběhu dne

Je nutné si uvědomit, že je možné kolísání teploty kůže v průběhu dne, které je závislé na fyziologických mechanismech organismu (Obr.5). Existují dva druhy kolísání tělesné teploty.

- První je denní rytmus, kdy teplota lidského těla kolísá celý den kolem $0,5^{\circ}\text{C}$ - $0,8^{\circ}\text{C}$ a je maximální v noci a minimální v brzkých ranních hodinách.
- Druhým typem kolísání teploty těla je typ, který je ovlivněn ročním obdobím a sluneční aktivitou. V zimních měsících se tělesná teplota pohybuje kolem $36,2 \pm 0,35^{\circ}\text{C}$, v letních měsících v rozmezí $36,5 \pm 0,04^{\circ}\text{C}$. [19] Důležitým faktorem, který ovlivňuje kolísání teploty těla u žen je menstruační cyklus. Tento faktor je individuální pro každou ženu a je ovlivněn jejím věkem a hormonálním stavem.



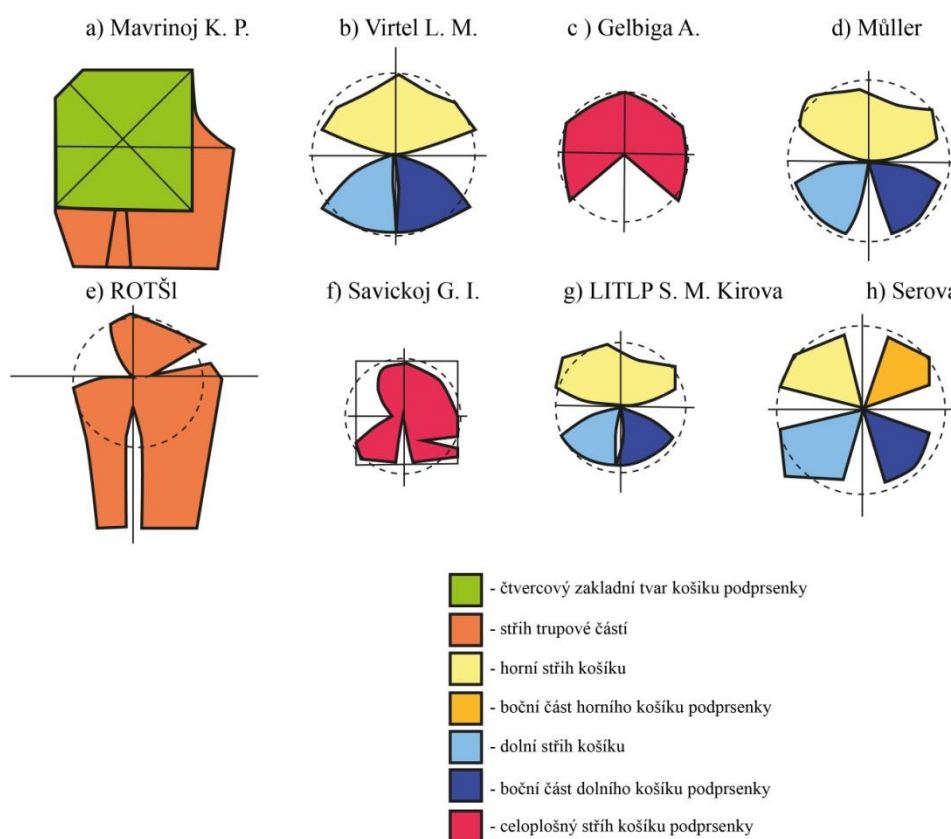
Obr. 5 Graf kolísání teploty těla člověka v průběhu dne [19]

Teplotní kolísání a změny povrchové teploty kůže jsou individuální a výjimečné pro každého člověka. Jsou ovlivněné faktory, jako je tukové složení postavy, životní prostředí a zdravotní stav, atd. Omezit vliv tohoto faktoru na provedení experimentu není možné.

4. VÝBĚR STŘIHOVÉ KONSTRUKCE

4.1 Analýza existujících metodik konstrukce střihu podprsenky

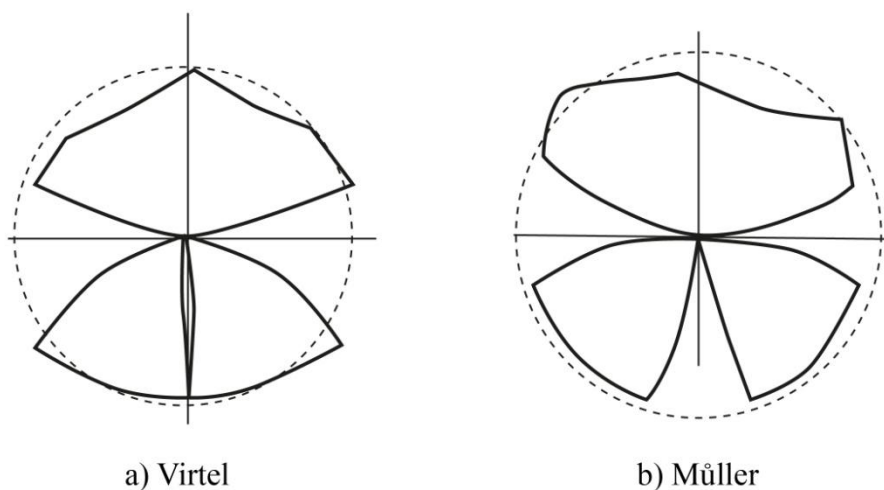
V této části je provedena analýza osmi konstrukčních metodik střihů podprsenky, viz obr.6. Galina Balandina [1] ve své disertační práci uvádí analýzu existujících ruských konstrukcí podprsenek a metodiku konstrukce podprsenky podle Müllera. Galina Balandina provádí analýzu konstrukčních metodik podle výpočtů konstrukčních rozměrů, střihového tvaru košíku podprsenky, počtu rozměrů charakterizujících rozměr košíku podprsenky a k tomu popisuje výhody a nevýhody těchto metodik (obr. 6). Celá analýza je vypracována v tabulce č. 2 v příloze této práce.



Obr. 6 Konstrukce košíku podprsenky podle ruských metodik.

Dále na základě této analýzy Balandina [1] vybírá dvě nejlepší metodiky a vypracovává zkušební vzorky podprsenek na různé typy žen. Po provedení zkoušky na probandkách Galina Balandina tvrdí, že nejlépe padla podprsenka střížená podle

metodiky Müllera (obr.7). Popis zmíněných metodik je uveden v tabulce č.3 v příloze této práce.



Obr. 7 Konstrukce podprsenek podle metodiky Müller a Virtel

Protože je v práci doktorandky Balandinové provedena analýza konstrukce střihu pouze ruských metodik a metodiky Müllera a není uvedena analýza jiných konstrukčních metodik, není možné určit, zda je metodika konstrukce dle Müllera nejlepší. Je potřeba provést vlastní analýzy a vybrat jiné metodiky pro konstrukci podprsenek.

Byla provedena vlastní analýza, ve které došlo k srovnání padnutí podprsenek střižených dle tří metod:

- 1) Italská metodika Modellissimo
- 2) Metodika konstrukce spodního prádla Kristiny Shin
- 3) Metodika Müllera (úvedena v práci Balandinové) [1]

4.2 Postup konstrukce Modellissimo

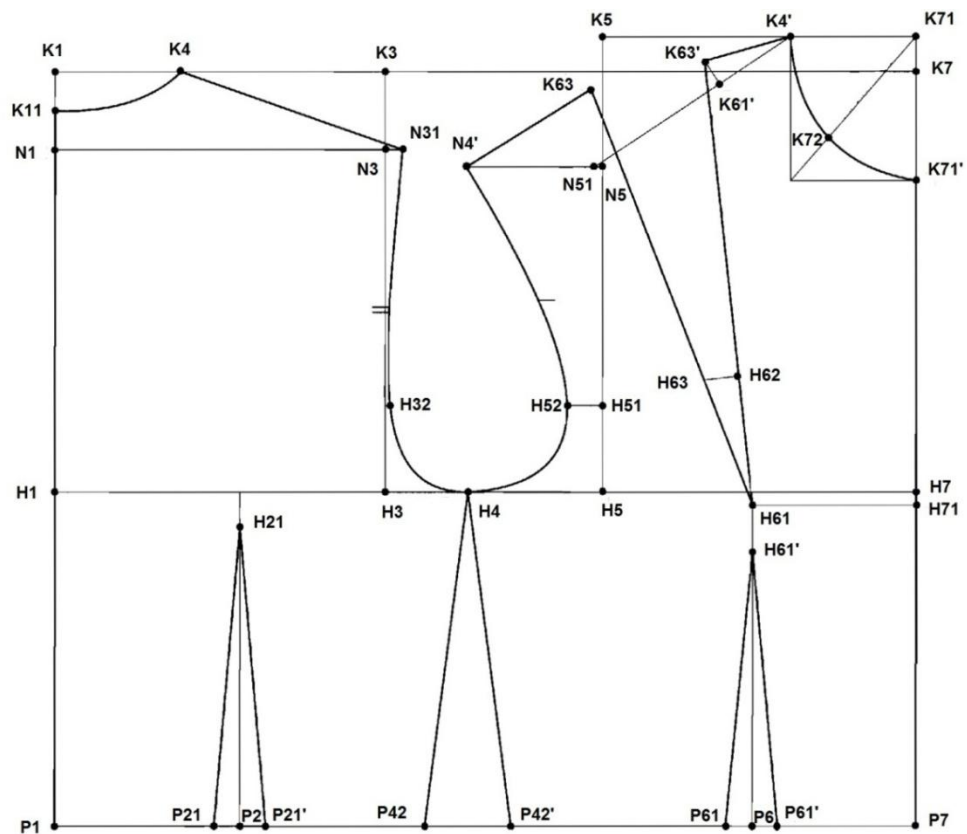
Střihová konstrukce podprsenky podle metodiky Modellissimo vychází z postupu konstrukce dámské přiléhavé halenky a modelové úpravy horní části základního střihu.

Potřebných tělesných rozměrů je celkem 10. Některé z nich, jako ramenní šířka, nejsou ve standardních tabulkách tělesných rozměrů. Proto budeme vycházet z tělesných rozměrů daných v [2] a standardní velikosi probandky, která se zúčastní zkoušení podprsenky. Postup konstrukce dámské halenky a postup modelové úpravy horní části základního střihu je uveden v příloze tabulka č.4 a č.5 této práce. Standardní velikost probandky podle italské tabulky rozměrů je 42.

Č.	Název rozměru	Označení	Hodnota rozměru (cm)
1	Výška postavy	<i>Vp</i>	163
2	Nadprsní obvod hrudníku	<i>Noh</i>	84
3	Obvod hrudníku	<i>Oh</i>	88
4	Šířka zad	<i>Šz</i>	36,9
5	Obvod pasu	<i>Op</i>	68
6	Ramenní šířka	<i>Rš</i>	38,9
7	Délka zad	<i>Dz</i>	42,7
8	Délka od bočního krčního obratle k pasu přes prsa	<i>Dpps</i>	44,7
9	Meziprsní šířka	<i>Mprs</i>	18
10	Výška prsou	<i>vpr</i>	26,5

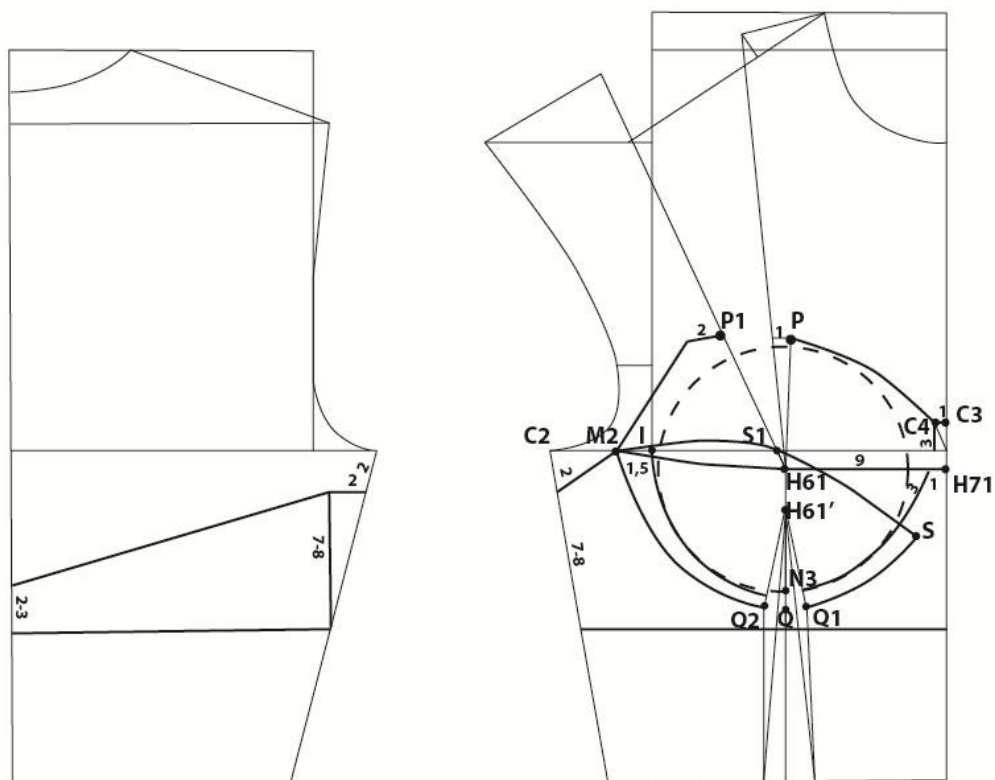
Tab. 4 Tělesné rozměry potřebné pro konstrukci podprsenky podle metodiky

Modellissimo

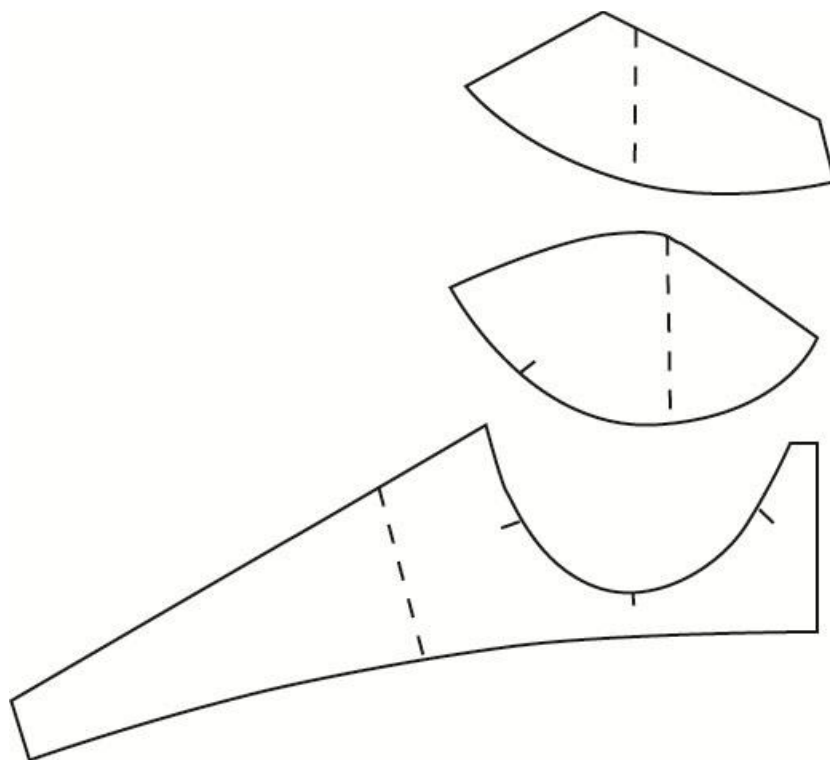


Poznámka: Označení konstrukčního střihu je provedeno podle symbolů, které jsou použité na KOD.

*Obr. 8 Základní konstrukce dámské halenky podle metodiky Modellissimo
(postup v příloze tab.4)*



Obr. 9 Modelování podle postupu v příloze, tab. 5



Obr. 10 Střih podprsenky podle metodiky Modellissimo

Výhodou konstrukce Modellissimo je snadný postup modelové úpravy podprsenky ze základního střihu dámské halenky a přehlednost průběhu modelování. Na konstrukční síti je určeno přesné umístění prsního bodu pomocí tělesného rozměru – mezipsní šířky. Pak modelová úprava vychází z kružnice, která určuje rozměr košíku. Následujícím krokem je tvarování středového vertikálního vybrání, které zajišťuje 3D tvar košíku. Důležitou částí konstrukce je určení umístění a tvaru kostice v podprsence a její rozevření.

Nevýhodou je velké množství konstantních rozměrů, a proto může docházet konstrukce při modelování na větší rozměry košíku.

4.3 Postup konstrukce podle metodiky Müllera

Střihová konstrukce podprsenky podle metodiky Müllera vychází z postupu konstrukce dámského body a modelové úpravy hrudní oblasti.

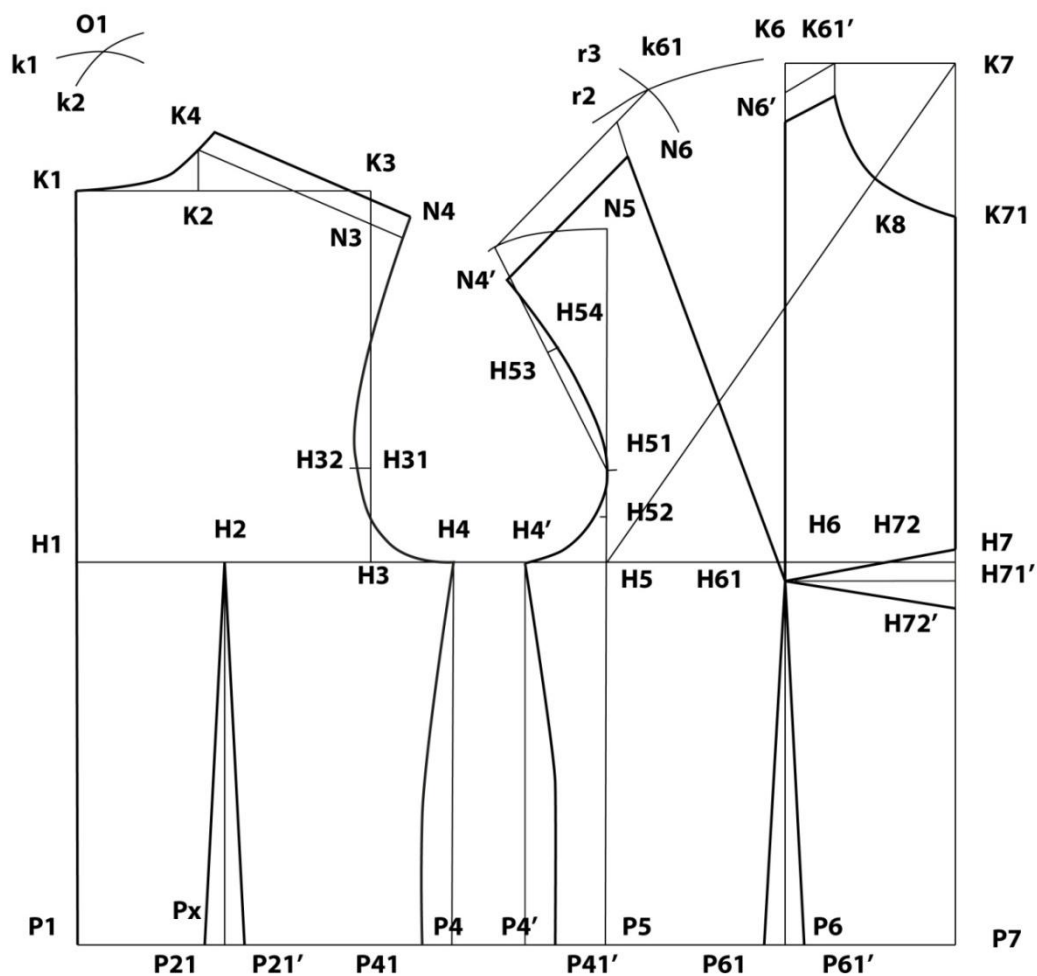
Pro vypracování konstrukce je použito celkem 7 konstrukčních rozměrů a 6 rozměrů, které je možno vypočítat podle vztahů uvedených v postupu konstrukce v literatuře [3].

Aby srovnání různých metodik bylo provedeno správně, byly použity stejné vstupní parametry, t.j. tělesné rozměry jako při vypracování konstrukce Modellissimo.

Č.	Název rozměru	Označení	Hodnota rozměru (cm)
1	Výška postavy	Vp	163
2	Podprsň obvod hrudníku	Poh	75
3	Obvod hrudníku	Oh	88
4	Zadní hloubka podpaží	zhp	21,9
5	Obvod pasu	Op	68
6	Šířka průkrčníku	Šp	8,75
7	Délka zad	Dz	42,7
8	Délka od bočního krčního obratle k pasu přes prsa	Dpps	44,7
9	Šířka zad	Šz	22,5
10	Výška prsou	vpr	26,5
11	Šířka průramku	Šprů	8,0
12	Šířka přední	Špr	21,5
13	Šířka ramene	Šr	13,0

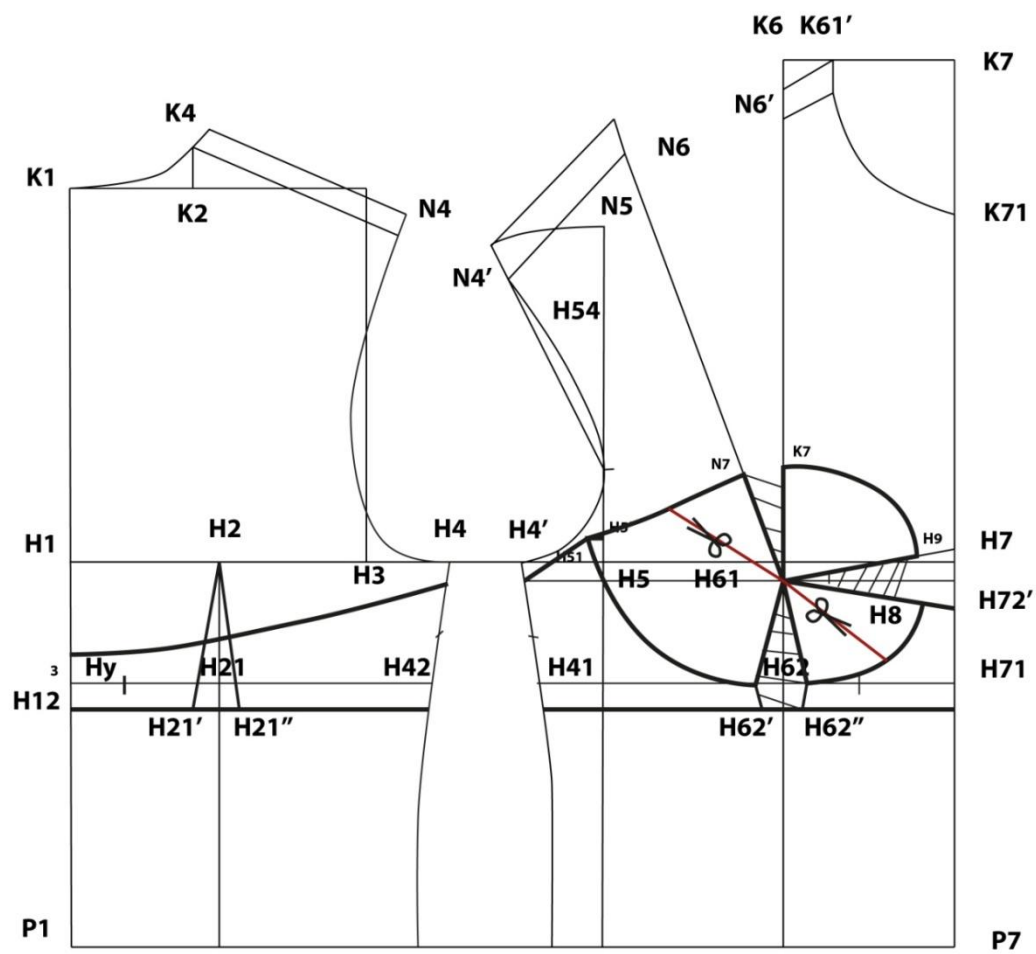
Tab. 5 Tělesné rozměry potřebné pro konstrukci podprsenky podle metodiky Müllera

Použijeme stejnou konstrukční síť, umístění hrudní a pasové přímky na stejné úrovni. Postup konstrukce dámského body a postup modelové úpravy hrudní části stříhu je uveden v příloze tabulka č. 6 a č.7 této práce.

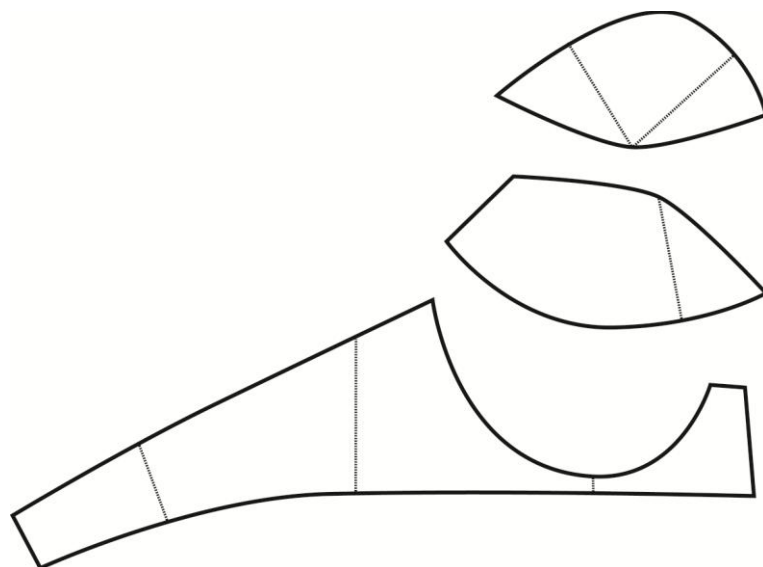


Poznámka: Označení konstrukčního střihu je provedeno podle symbolů, které jsou použité na KOD.

*Obr. 11 Základní konstrukce dámského body podle metodiky Müller
(horní část konstrukce, postup v příloze tab.6)*



Obr. 12 Modelování podle postupu v příloze tab. 7



Obr. 13 Střih podprsenky podle metodiky Müller

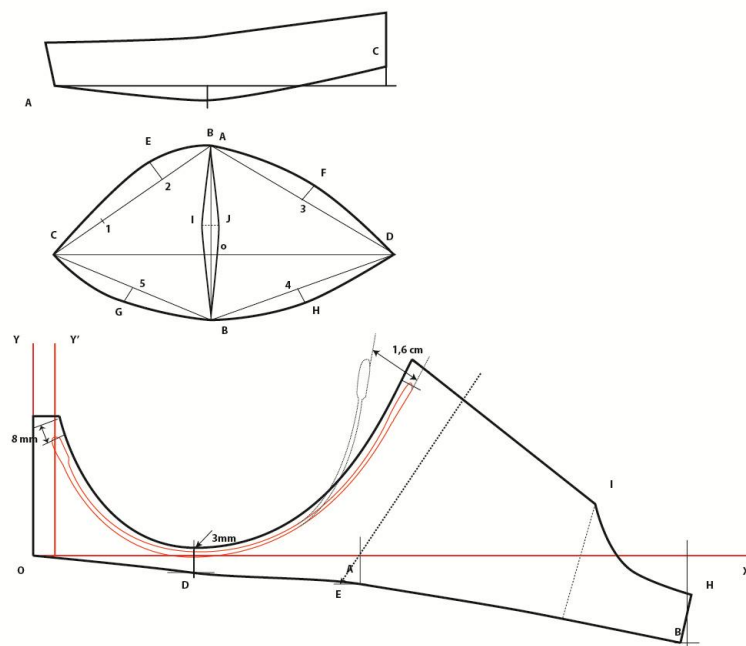
Výhodou konstrukce střihu podprsenky podle metodiky Müller je snadné vypracování na základě konstrukce dámského body a přehlednosti průběhu modelování.

Nevýhodou je nepoužitelnost dané konstrukce z hlediska zjištění odpovídajícího padnutí, protože metodika vychází ze 2D tvaru konstrukce dámského body a nerespektuje 3D tvar prsou. Umístění prsního bodu je určeno pomocí konstrukčního vztahu a konstrukčního tělesného rozměru – obvodu hrudníku, což nezjišťuje odpovídající pozice prsního bodu. Metodika nedefinuje umístění a tvar kostic v podprsence. Použití velkého množství konstant při modelování vede k nepřesnosti, která ovlivňuje konečný tvar stříhových dílů. Při použití metodiky je potřeba dalšího zpracování a úprav po vyzkoušení na postavě.

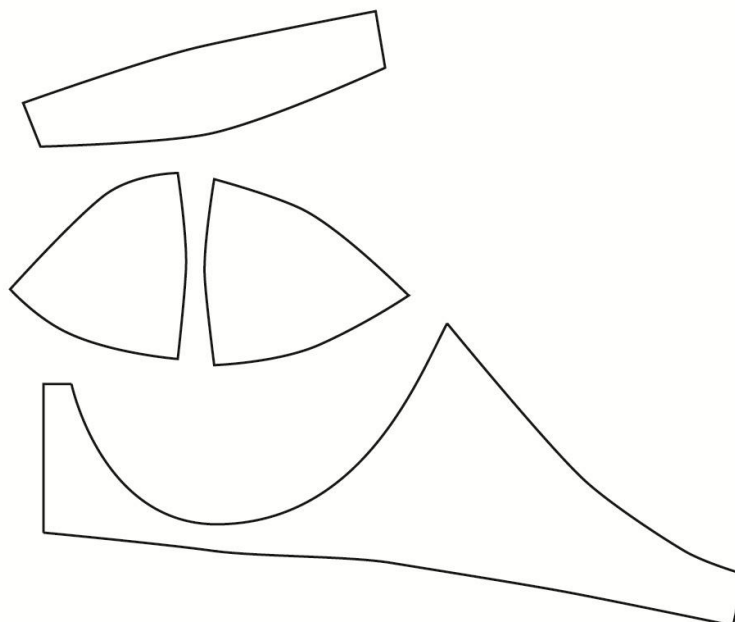
4.4 Postup konstrukcí Kristiny Shin

Metodika Kristiny Shin [4] se liší tím, že nevychází ze základního střihu horní části dámského oděvu. Konstrukce střihu podprsenky je provedena přímo bez nutnosti modelové manipulace vkreslení do konstrukční sítě trupového oděvu. Základem pro vypracování střihu podprsenky jsou kostice, které definují tvar košíčku. Metodika respektuje rozevření kostic tím, že jsou rozevřené ve 2D tvaru konstrukční sítě, a určuje tvar 3D košíčku podprsenky. Kromě kostic nejsou potřebné další konstrukční rozměry

pro střih podprsenky. Postup konstrukce je uveden v příloze této práce, tab. 8.



Obr. 14 Základní střih konstrukce s kosticemi podle metodiky Kristiny Shin



Obr. 15 Konečný střih konstrukce podprsenky podle metodiky Kristiny Shin

Metodika Kristiny Shin je vhodná pro vypracování základního střihu podprsenek

pro standardní velikosti a pro malou škálu velikostí, protože v metodice nejsou použity tělesné rozměry kromě rozměrů kostic, které definují rozměr košíčku. Tvar konstrukce nedefinuje tělesný rozměr obvod hrudníku a z těchto důvodů dochází k nepřesnosti střihu podprsenky. Výhodou je vypracování konstrukce střihu jako samostatný druh oděvu a respektování rozměru košíku a jeho tvaru. Kromě toho je v metodice možnost velkého množství modelovacích úprav, které usnadňují vypracování různých modelů spodního prádla.

4.5 Zpracování vzorku, zkouška a výběr konečné metodiky.

Pro dokonalou správnost konstrukce je nutné vyrobit zkušební vzorky dle konstrukce a ty potom vyzkoušet na probandce. Podprsenky byly střiženy a ušity z nepružného materiálu (100% bavlněné tkaniny). Byly bez kostic a ramínek z důvodu kontroly padnutí tvaru košíčku.

Pro zkoušení polotovaru byla vybrána probandka, která se zúčastnila celého experimentu. Zkoušení proběhlo následujícím způsobem: vzorek podprsenky byl oblečen na vlastní podprsenku probandky a špendlíky byl upevněn v místě zapínání na ZD. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v tab.6 a na obr. 16, obr. 17 a obr. 18.

Název metodiky	Padnutí
Modellissimo	Dobře sedí, košíček kopíruje tvar prsou, velký mezikošíčkový prostor, podprsní obvod sedla je řešen správně (obr.16), úpravy, které bylo nutné provést jsou zvýrazněné stínováním na obr. č.16
Müller	Nesedí, plochý košíček nekopíruje 3D tvar prsou, úpravy, které bylo nutné provést jsou zvýrazněné stínováním na obr. č.17
Kristina Shin	Košíček dobře sedí, je potřeba zvětšit boční středové vybrání na košíku, velký mezikošíčkový prostor, je potřeba prodloužit zadní část sedla podprsenky, úpravy, které

	bylo nutné provést jsou zvýrazněné stínováním na obr. č.18
--	--

Tab. 6 Srovnání padnutí zpracovaných vzorků podprsenek.



- problematická zona

Obr.16 Padnutí zkušebního vzorku podprsenky na probandce. Podprsenka je vyrobená podle metodiky Modellissimo.



- problematická zona

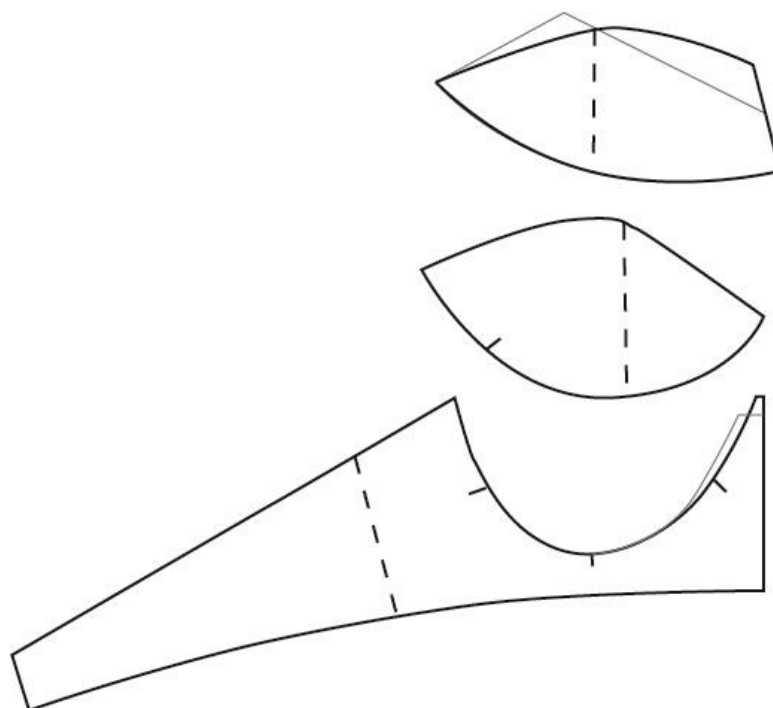
Obr. 17 Padnutí zkušební vzorku podprsenky na probandce. Podprsenka je vyrobená podle metodiky Müuller.



- problematická zona

Obr. 18 Padnutí zkušební vzorku podprsenky na probandce. Podprsenka je vyrobená podle metodiky Kristiny Shin.

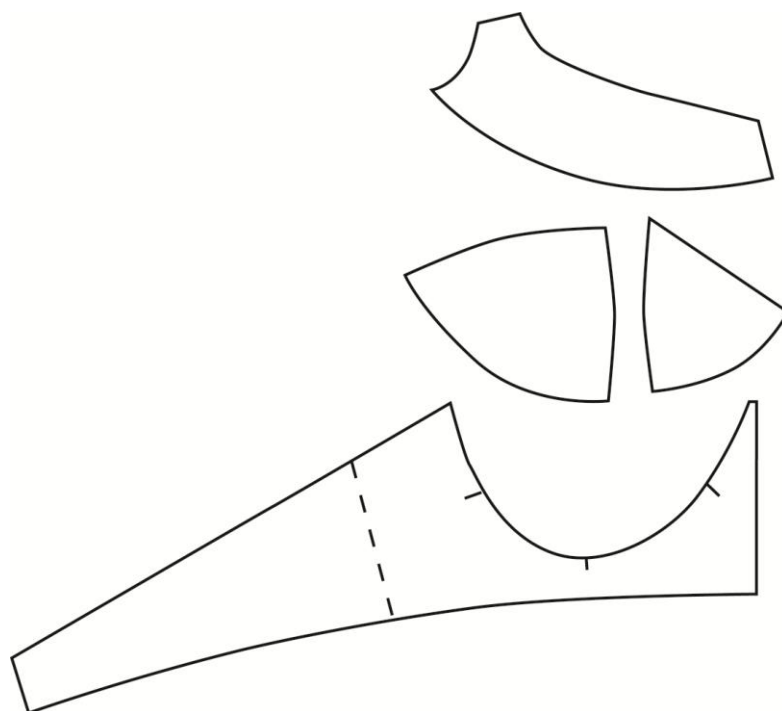
Je vidět, že nejlepší padnutí má zkušební vzorek podprsenky, který je vyroben podle konstrukce Modellissimo (obr. 16). Odpovídá žádanému 3D tvaru košíčku podprsenky ,t.j. se žádaným tvarem konečného výrobku. (obr. 19, obr. 20, obr. 21) Žádaný tvar byl docílen zmenšením mezikošíčkové vzdálenosti, zvýšením sedla a zvýšením horního okraje košíčku.



Obr. 19 Střih upravené podprsenky vyrobené podle metodiky Modellissimo



Obr. 20 Padnutí upravené podprsenky na probandce.



Obr. 21 Konečné modelování střihu podprsenky pro ušití ve výrobě.

Výsledkem této části práce je výběr a úprava vhodné konstrukce, podle které bude vyrobena podprsenka pro další zkoušky. Konečnou metodikou je metodika Modellissimo.

5. VYPRACOVÁNÍ SENZORU PRO SNÍMÁNÍ VNĚJŠÍCH ÚČINKŮ PODPRSENKY

5.1 Kapacitní senzor tlaku

Doc. Ing. Miroslav Svoboda z Ústavu mechatroniky a technické informatiky TUL navrhl snímač tlaku, který je možno umístit mezi vrstvu pěny a podšívku v košíku podprsenky, a snímat rozložení tlaku v ploše 10x10 mm. Snímač je vypracován na principu kapacitních snímačů tlaku.

5.2 Princip kapacitního senzoru tlaku

Po analýze různých principů a pokusů byl pro řešení úkolu vybrán způsob měření, který využívá kapacitní senzor tvořený elektrickým deskovým kondenzátorem s ohebným dielektrikem a s ohebnými elektrodami. Kapacita C_0 tlakového kondenzátoru položeného na rovné ploše je dána známým vztahem:

$$C_0 = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S_0}{x_0} \quad (6)$$

Kde ε_0 je permitivita vakua,

ε_r relativní permitivita dielektrika,

S_0 aktivní plocha kondenzátoru,

x_0 tloušťka dielektrika.

Je-li tento kondenzátor vystaven působení síly kolmé na elektrody, dochází k deformaci dielektrika vlivem mechanického tlakového napětí. Materiál dielektrika je stlačován, jeho tloušťka se zmenšuje, čímž dochází ke zvětšení kapacity kondenzátoru. Změna kapacity je pak funkcí působících tlaků. [20, 21]

Kapacita tlakem zatíženého kondenzátoru je:

$$C_z = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S_0}{x_0 - \Delta x} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S_0}{x_0 \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (7)$$

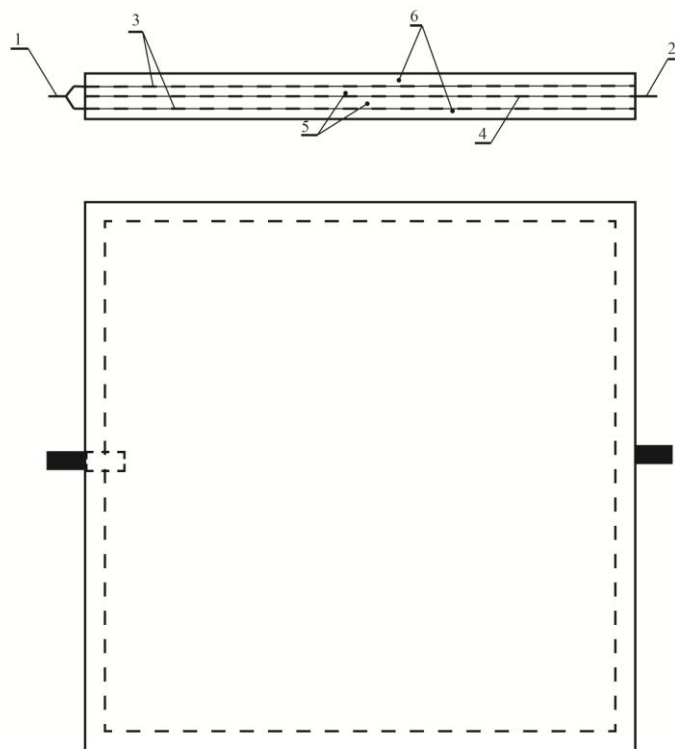
Δx je absolutní deformace,

ε je relativní deformace dielektrika $\Delta x/x_0$.

Mechanické tlakové napětí v dielektriku odpovídá působícímu tlaku, tedy $p = \sigma$. Protože σ je funkcí deformace ε , lze psát:

$$C_z = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S_0}{x_0 \cdot (1-f(p))} = C_0 \cdot \frac{1}{1-f(p)} \quad (8)$$

Kapacitu snímače lze snadno převést pomocí obvodu 74HCT123 na impulsně-šířkovou modulaci, a dále prostřednictvím RC členu získat napěťový signál úměrný zatěžovacímu tlaku.



Obr. 22 Schéma kapacitního senzoru tlaku

- 1) Vývod vnějších elektrod senzoru – vnější elektrody jsou propojeny
- 2) Vývod vnitřní elektrody senzoru
- 3) Vnější elektrody – kovová tkanina
- 4) Vnitřní elektroda – kovová tkanina
- 5) Vnitřní vrstvy dielektrika kapacitního senzoru

6) Vnější ochranná vrstva – elektricky nevodivý materiál

Jednotlivé vrstvy jsou vzájemně spojeny lepením. Z důvodu necitlivosti na okolní vodivé předměty a případného elektrického rušení musí být snímač zhotoven ze dvou kondenzátorů (viz obr.22) tak, že je vnitřní „živá“ elektroda zároveň stíněna vnějšími elektrodami s nulovým potenciálem.

Před vlastním měřením je třeba vytvořit kalibrační křivku, neboť je více než pravděpodobné, že mezi výstupním elektrickým napětím a zatěžujícím tlakem nebude lineární závislost (i když teoreticky při určitém $\sigma(\epsilon)$ dielektrika je to možné).

6. PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem práce je ověřit možnost srovnání dvou metod měření svěrných účinků košíku podprsenky. První metoda je měření komprese pomocí kapacitních snímačů tlaku, které jsou všité mezi vrstvy podprsenky. Druhá metoda je ověření možností snímání komprese pomocí termovizní kamery. Druhá metoda sleduje změny teploty kůže v místě působení komprese. Zvýšení rychlosti cirkulace krve způsobí v tomto místě zvýšení kožní teploty. Cílem experimentu je určit vztah mezi změnou teploty a hodnotou tlaku. Takže určit hodnoty komprese, srovnat je s tabulkou kompresních účinků a zhodnotit, zda jsou hodnoty komprese povolené nebo určit místa, kde komprese dosahuje kritické meze. Když experiment dokáže najít tato místa, je potřeba navrhnout řešení toho problému a další možnosti využití daného výzkumu.

7. METODA TERMORIZNÍHO SNÍMÁNÍ

Metoda snímání komprese pomocí termovizní kamery využívá jev zvýšení teploty v místě působení komprese. V místě působení komprese na tělo probandky jsou podkožní kapiláry stlačené, jejich průměr se zmenší a rychlost cirkulace krve se zvýší, což znamená že se zvýší kinetická energie v kapilárech. Část kinetické energie přejde do tepelné energie a zvýší se teplota v oblasti zvýšení rychlosti cirkulace krve v kapilárech. [24] Tento jev byl využit v práci Ivkina [10] pro sledování kompresního účinku podprsenky. Hodnoty změny teploty ($\Delta^{\circ}\text{C}$) nejsou převedené do hodnoty fyzického tlaku (kPa).

7.1 Podmínky experimentu

- 1) Experiment musí být prováděn v klimatizované místnosti za určitých podmínek (viz str.10) popsanych v práci Aleše Drasticha [18], které nám zamezí vlivu vnějších faktorů na provedení experimentu, takže se v těchto podmínkách nevzbudí termoregulační mechanismy člověka.
- 2) Probandkou musí být žena starší věkové kategorie, po menopauze, abychom omezili vlivu teplotních skoků v průběhu menstruace a zvětšení prsou na provedení experimentu. To by ovlivnilo provedení experimentu u mladší a středně věkové skupiny.
- 3) Podprsenka je ušita podle standartní velikosti 75 B, která odpovídá velikosti probandky. Cílem je zjistit shodu velikostního sortimentu na trhu s formou těla probandky.
- 4) Určení relaxační doby organismu a doby reakce. Doba reakce je čas, kdy se začne zvyšovat teplota kůže, vznikne zpáteční reakce organismu na kompresi. Relaxační doba je čas, kdy se teplota kůže vrátí do počátečního stavu.
- 5) Nastavení přístroje, nastavení rozmezí teploty pro lepší viditelnost změn stavu, nastavení emisivity objektu měření.

7.2 Postup experimentu

- 1) Probandka se musí adaptovat v klimatizované místnosti kolem 20-30 minut bez podprsenky, ve volném stavu. Nesmí se zatěžovat fyzicky.
- 2) Nastavit přístroj, nastavit rozsah teploty pro měření na přístroji a emisivitu objektu, nastavit délku do snímaného objektu.
- 3) Označit měřené body na těle. Ty odpovídají bodům označeným na podprsence a umístěným kapacitním snímačům na ní.
- 4) Po době adaptace vyfotit body ve volném stavu.
- 5) Po době adaptace obléknout experimentální podprsenku. Probandka je oblečena do podprsenky celou dobu reakce. Nesmí se zatěžovat fyzicky, abychom neovlivnili data experimentu.
- 6) Po době reakce svléknout podprsenku a vyfotit body po působení komprese.
- 7) Dale se probandka se nachází celou dobu relaxace bez podprsenky ve volném stavu. Nesmí se zatěžovat fyzicky.
- 8) Zopakování experimentu. V daném postupu bod 4) – 8).

Pro určení statistické pravděpodobnosti experimentu a intervalu spolehlivosti je potřeba provést měření 10 krát.

7.3 Termovizní kamera. Popis přístroje

Měření je prováděno pomocí termokamery ThermaCam S 60 (obr.23) na KOD. Analýza IR záznamu se prováděna pomocí programu ThermaCam Research. Důležitou

částí je nastavení parametru snímání obrazu. Chybné nastavení parametrů může ovlivnit výsledky měření.

7.3.1 Parametry snímání

- **Emisivita objektu** souvisí se schopností tělesa vyzařovat. Čím je emisivita vyšší, tím více energie ve formě tepelného záření dané těleso při stejné teplotě vyzařuje. (citace podle [26]) Je tabulková veličina.
- **Zdánlivá odražená teplota** je jev, při kterém dochází k odrazu tepelného záření z okolních předmětů do objektivu kamery a toto záření je pak na detektoru termokamery sečteno s vlastním zářením měřeného objektu. Vliv zdánlivé odražené teploty na přesnost měření je tím větší, čím je menší emisivita měřeného povrchu a čím větší je teplota a emisivita předmětu, který záření vyzařuje. (citace podle [26]) U mnoha aplikací měření odpovídá odražená teplota teplotě okolí. Změří se teploměrem.
- **Atmosféra** jednak záření měřeného objektu pohlcuje, jednak je sama (plynným) objektem o určité teplotě a tedy také vyzařuje tepelné záření. Vliv atmosféry je tím větší, čím je větší vzdálenost mezi termokamerou a měřeným objektem, čím je vyšší vlhkost (více rozpuštěných molekul vody) a čím je její teplota vyšší. (citace podle [26])

Úvažování těchto parametrů při měření a hodnoty parametru jsou v tab. 7



Obr.23 ThermaCam S 60 (dle literatury [23])

Charakteristika	Hodnota
Emisivita kůže	0,98
Rozsah teplot	28°C-38°C
Vzdálenost měřeného objektu od kamery	0,5 m
Teplota odražení	28°C
Teplota okolí	23°C
Vlhkost okolí	63 %

Tab.7 Parametry nastavení kamery.

8. PROBANDKA

Výběr probandky závisí na druhu měření a možnosti vlivu fyziologických dějů organismu na výsledky experimentu. Hlavním fyziologickým vlivem u žen je menstruační cyklus, který je zvláštním a individuálním procesem. Menstruační cyklus nejčastěji je doprovázen zvětšením prsních žláz, zvětšením teploty těla a zvýšením krevního tlaku. Jsou procesy, které mají vliv na měření teploty kůže termovizní metodou. V tomto případě je potřeba mít víc probandek stejné věkové skupiny a provádět měření v průběhu celého cyklu.

Pro ověření samostatné metody je dostatečné soustředit se na vlastní měření a snažit se zabránit možnosti vlivu fyziologických procesů žen. Proto je vystoupí žena starší věkové skupiny po klimakteriu.

Velikost podprsenky probandky je 75 E [23]. Což znamená, že podprsň obvod hrudníku *poh* se rovná 75 cm, velikost košíčku je E, obvod hrudníku je 96 cm. Další tělesné rozměry probandky jsou v tab.4, tab.5, tab.6 viz kapitolu „Výběr konstrukce“.

9. PŘEDEXPERIMENT

Provedení předexperimentu je důležitá část práce, která řeší individuální nastavení experimentu, například nastavení rozsahu teplot pro lepší viditelnost a určení doby relaxace a doby reakce.

9.1 Problematika nastavení rozsahu teplot

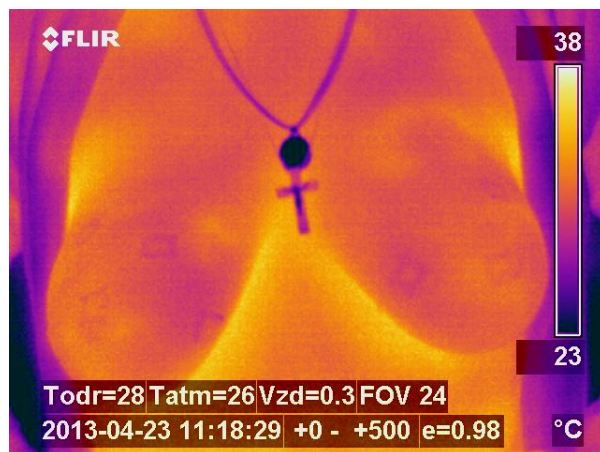
Je vidět z tab. 3 dle literatury [18], že oblast hrudníku při okolní teplotě 20 °C má povrchovou teplotu kůže $31,9 \pm 1,1$ °C. Pomocí palety nástroje termovizní kamery je možnost nastavit rozsah teplot, které omezí nám na obrazovce zobrazení chladnějšího okolí a soustředí se přímo na tělo probandky.

Po provedení experimentu (viz obr. 24) bylo zjištěno, že optimální rozsah teplot pro měření je 23°C - 38 °C. Znamená to, že z obrázku je vyloučeno zobrazení teploty okolí.

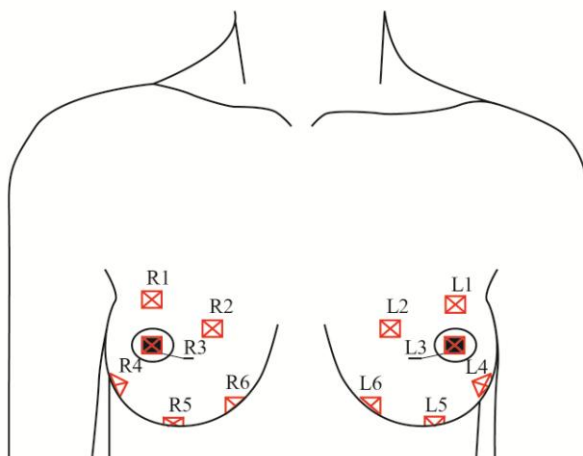
9.2 Problematika označování bodu

Měření provádíme po svléknutí podprsenky a je potřeba označit přímo na těle body, které odpovídají bodům umístění kapacitních snímačů v experimentální podprsence (viz obr.25).

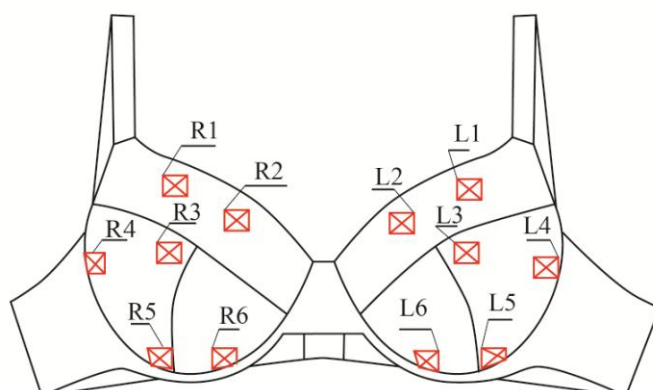
Podmínkou snímání termovizní kamerou je homogenita materiálu a nastavení emisivity objektu. Když máme nastavenou emisivitu kůže, materiály s jinou emisivitou budou viditelné na snímaném obrázku. Teto vlastnosti je možno využít pro označování změřených bodů. Na začátku pomocí barev nanesených na určitá místa uvnitř košíčku označíme body na těle. Pak lepicí papírovou páskou vytvoříme nápodobu „rámečku“ pro určený bod, tím si označíme oblast bodu, který budeme měřit. Kvůli jiné emisivitě je lepicí páska vidět na obrazovce kamery.



Obr. 24 Označování bodu a viditelnost „rámečku“ na snímku termovize



a) Umístění bodu na těle;



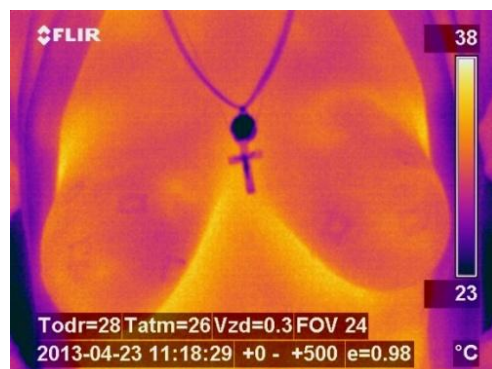
b) Umístění bodu na podprsence

Obr. 25 Schéma umístění bodu na těle a podprsence.

9.3 Problematika určení doby reakce a relaxace

Je vidět, že teplotní změny povrchu kůže vznikají po určité době nošení podprsenky. Je potřeba experimentálně určit a potvrdit čas nošení, po kterém se začíná zvyšovat teplota kůže. Provedeme experiment, kterého se zúčastní probandka, a budeme snímat termovizní kamerou obrázky po 5 minutách, 15 minutách a 30 minutách nošení podprsenky. Experiment probíhá v klimatizované místnosti, a zopakuje se 3 krát. Na obr. 26 je ukázka snímku provedení předexperimentu, v příloze v tab.9 je ukázka hodnot povrchové teploty kůže při provedení experimentu.

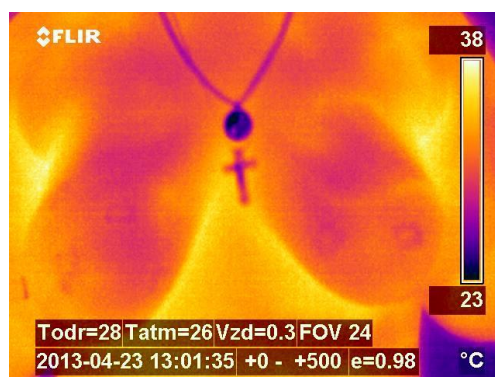
Po provedení experimentu a analýzy snímaných obrázků ve softwaru je vidět, že po 5 minutách nošení podprsenky se povrchová teplota nemění. Po 15 minutách nošení podprsenky se zvýší povrchová teplota dolních bodů košíčku, horní body teplotu nemění. Po půlhodině nošení podprsenky se zvýší teplota horních bodů a povrchová teplota dolních bodů dosáhne až 34° C. Obrázky č.26 g) a h) jsou odlišné podle barvy IČ spektra, což znamená, že teplota se zvýšena podle celé plochy prsních žláz. Je možné říct, že doba reakce je 30 minut. Experimentálně je dokázáno, že doba relaxace je 15 minut po svléknutí podprsenky.



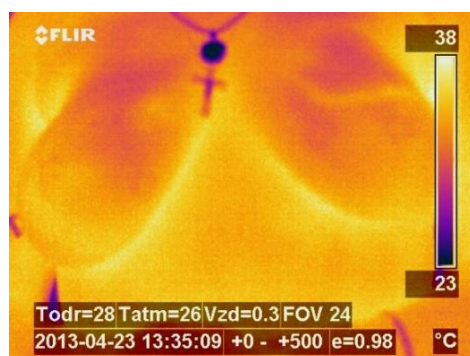
a) Stav klidu, pohled zepředu



b) po 5 minutách nošení podprsenky, pohled zepředu



c) po 15 minutách nošení podprsenky, pohled zepředu



g) po 30 minutách nošení podprsenky, pohled zepředu

*Obr. 26 Snímky předexperimentu. Povrchová teplota kůže ve stavu klidu, po 5,
15, 30 minutách nošení podprsenky*

10. EXPERIMENT POMOCÍ KAPACITNÍCH SNÍMAČŮ

Kapacitní snímač popsaný v teoretické části byl vyvinut v Ústavu mechatroniky, informatiky a mezioborových studií na TUL Doc. Ing. Miroslavem Svobodou a Ing. Ph. D. Lubomírem Slavíkem.

Snímač je zabudován do košíčku podprsenky a je její součástí. Pracuje na principu šířkovo-pulsní modulace. Znamená to, že při změně tloušťky PET pěny – se mění kapacita snímače. Kondenzátor je připojen na kmitavý obvod, šířka pulsu je úměrná velikostí kapacity. Mezi změnou tloušťky a frekvencí je úměrná závislost určená vztahem:

$$\varepsilon = \frac{f_0 - f_1}{f_0(1 - t f_1)} * 100\%, \quad (9)$$

Kde ε – procent deformace tloušťky senzoru [%],

f_0 – počáteční frekvence kmitu [kHz],

f_1 – konečná frekvence kmitu [kHz],

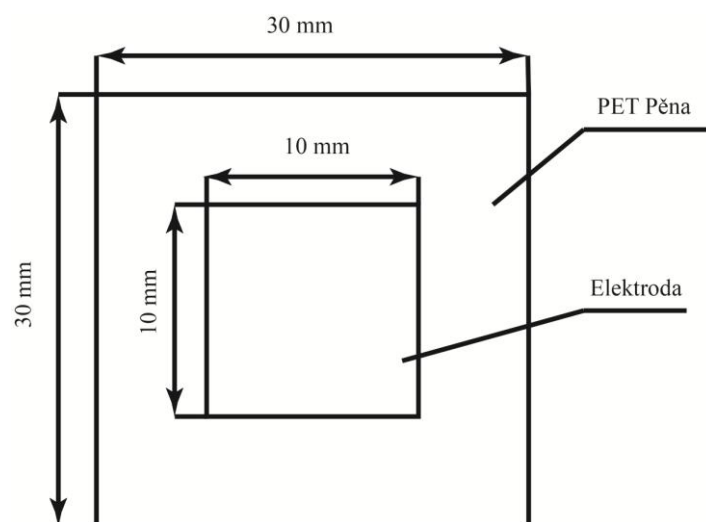
t – čas kmitu [s].

Je možné říct, že mezi deformací snímače a tlakem, který působí na snímač je také závislost, kterou je možné určit pomocí kalibrace.

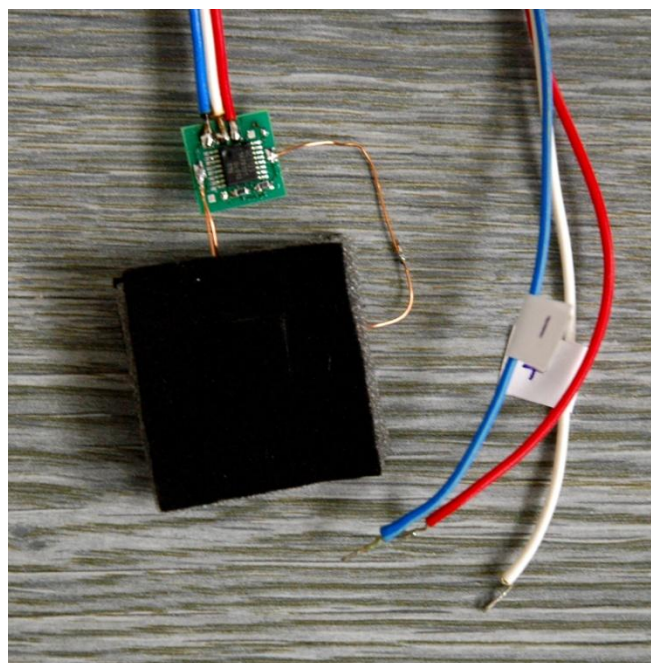
Výhodou tohoto měřicího uspořádaný je jeho citlivost na malé hodnoty působících tlaku. Odstinění vůči parazitním vlivům je způsobeno tím, že krajní elektrody snímače jsou územněny, vnitřní elektroda snímače je „živá“. (viz. Schema na obr.22)

Postup přípravy k provedení experimentu:

- 1) Vypracování zkušební vzorku snímače (viz. obr. 27 a obr. 28)
- 2) Provedení kalibrace zkušební vzorku snímače a vytvoření kalibrační křivky
- 3) Vypracování experimentální podprsenky, zabudování snímačů do podprsenky v místě měřených bodů (viz. Obr. 25)
- 4) Provedení experimentu a zpracování výsledků



Obr. 27 Schemata zkušebního snímače pro kalibrace

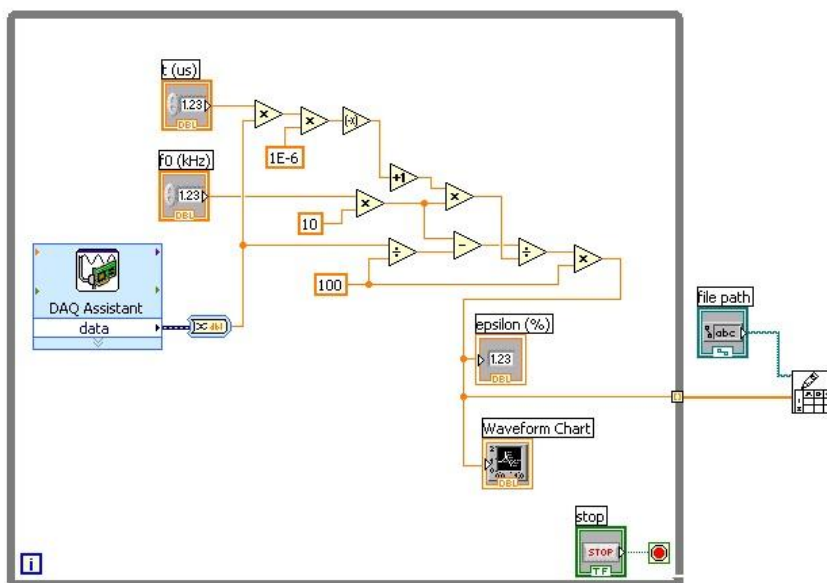


Obr.28 Ukazka zkušebního snímače pro kalibrace

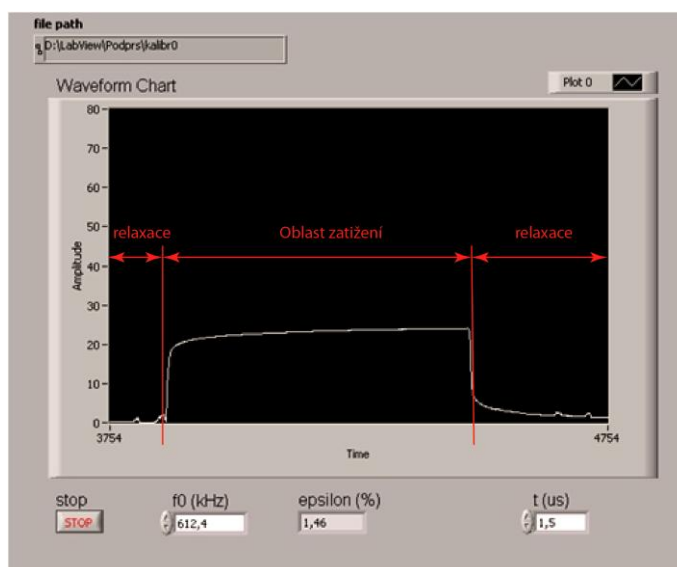
10.1 Kalibrace přístroje

Cílem kalibrace je ověření funkce přístroje a vytvoření kalibrační křivky, která určuje vztah mezi deformací v [%] a silou tlaku v [kPa]. Měření se provádí pomocí kádinky s vodou, která funguje jako závaží, působící na senzor gravitační silou F [N].

Pomocí software LabView byl vypracován program, který nám na obrazovce ukazuje změřená data a graf deformace ε v [%] v závislosti na čase. Program zpracovuje frekvence podle vztahu (9).



Obr.29 Ukázka schématu programu pro kalibrace zkušebního vzorku, vypracována ve software LabView.



Obr. 30 Příklad zobrazení grafu jednotlivého měření v průběhu kalibrace

10.2 Postup kalibrace:

- 1) Zvážit na vahách prázdnou kádinku. (kádinka má mít rovnou dolní plochu v průměru 6 cm)
- 2) Vyrovnávat frekvence ve software, aby se zase deformace bez zatížení se rovnala nule.
- 3) Dát nahoru senzoru kádinku.
- 4) Po 15 minutách zaznamenat konečnou hodnotu deformace materiálů.
- 5) Počkat až se materiál vrátí do výchozí polohy a graf ukáže hodnotu deformace rovnou nule.
- 6) Přidat vodu do kádinky a zaznamenat váhu závaží.
- 7) Po 15 minutách zaznamenat hodnotu deformace materiálů s novým závažím.
- 8) Zopakovat postup 5)-8).
- 9) Posledním závažím bude plná kádinka vody vahou 0,535 kg.
- 10) Provést měření třikrát, aby bylo možné ověřit data a vypočítat statistická data.
- 11) Vypočítat hodnoty tlaku a vytvořit graf závislosti tlaku v [kPa] na deformaci.

Hodnotu tlaku vypočítáme podle vztahu určujícího fyzikální podstatu tlaku:

$$P = \frac{F}{S}, \quad (10)$$

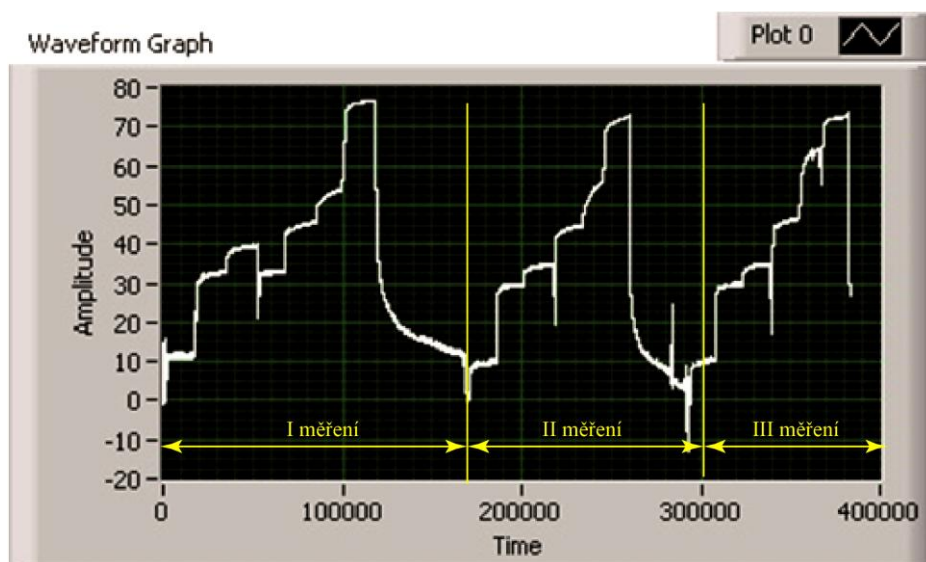
Kde F je gravitační síla působícího závaží a rovná se podle 2. Zákona Newtona $F = ma$,
v našem případě $F = mg$ [N], kde g je gravitační zrychlení a rovná se $g = 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right]$.
 m - je hmotnost závaží [kg],

S – plocha kalibračního zkušební vzorku, na kterou působí síla F .

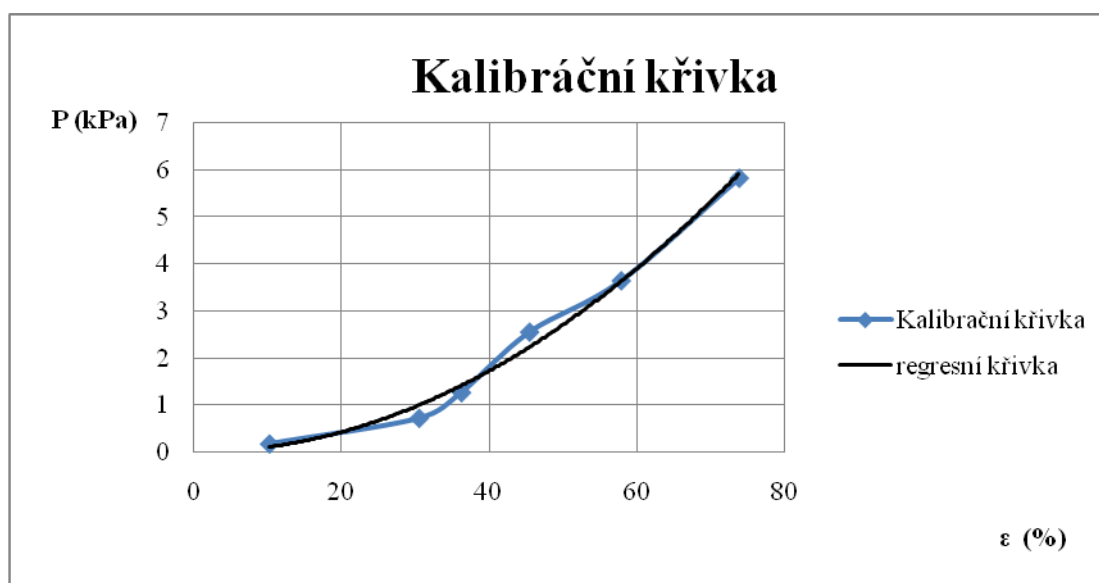
Konečný vztah pro výpočet síly tlaku je:

$$P = \frac{mg}{S} \text{ v [kPa] ,} \quad (11)$$

Tabulka výpočtu a dat kalibrace je uvedena v příloze tab.10



Obr. 31 Graf provedení kalibrace zkušebního snímače tlaku.



Graf.1 Kalibrační křivka.

Na grafu č.1 je vidět jak se zvyšují deformace v závislosti na zvýšení síly působícího tlaku na plochu snímače. Podle vytvoření regresní křivky je možné připustit, že závislost mezi deformací a tlakem je polynomická regresní křivka druhého řádu.

Vztah, který určuje regresní křivku kalibrace, je:

$$y = 0,001x^2 - 0,033, \quad (12)$$

To znamená, že předpokládáme $y = P$ [kPa] a $x = \varepsilon$ [%]. Konečný vztah pro výpočet tlaku má vzhled:

$$P = 0,001\varepsilon^2 - 0,033, \quad (13)$$

Vztah 5 použijeme pro určení síly tlaku při provedení experimentu. Není možné říct, že zkušební vzorek má velkou přesnost, závisí na využití a síly zatížení snímače. Vztah regresní křivky, která nejvíc odpovídá tvaru kalibrační křivky, použijeme abychom určili teoretickou oblast zatížení a hodnotu síly tlaku při neznámé váze zatížení.

11. EXPERIMENTÁLNÍ PODPRSENKA

Z kapitoly výběr konstrukce je určen konstrukční střih pro ušití experimentální podprsenky s vestavěnými do ní senzory. Experimentální podprsenka má splnit funkce přístroje, který změří sílu svěrných účinků v místě umístění senzoru. Senzor má plochu 1 cm^2 a je vestavěn mezi vrstvy polyuretanové pěny v košíčku podprsenky. Dráty, které zaznamenávají změnu frekvence mezi destičkami senzoru při změně tloušťky, jsou odvedeny nahoru přes materiál a napejeny do plošných spojů. Plošné spoje odvádějí signál do centralního Multiplex spoje, a signál je směřován dál do počítače a je zpracován v programu, vytvořeném ve software LabView.



Obr.32 Experimentální podprsenka

Při vyzkoušení experimentální podprsenky byly vyhodnoceny další výhody a nevýhody použití kapacitních snímačů pro výzkum.

Výhody senzorů:

- Destičky umístěné mezi vrstvy, jsou ohebné, a mohou zaznamovat signál z zaobleného povrchu.
- Senzor je dostatečně citlivý pro zaznamenání menších hodnot zatížení.

- Je možnost zabudový senzory mezi vrstevy.
- Senzor stanovuje zatížení, které působí na plochu destičky.

Nevýhody senzoru:

- Destičky mají být umístěny přímo nad sebou, nesmí se hýbat.
 - Destičky se nesmí dotýkat mezi sebou.
 - Dráty se připojí k destičce senzoru a jsou velmi jemné, při nedbalem zacházení mohou se odpojit.
 - Je velká pravděpodobnost, že dojde dochazení k poruše a zničení snímače
- Nevýhody jsou způsobeny tím, že technologie výroby senzoru a jeho zabudova do materiálu není dostatečně vyvinuta. A je potřeba provedení dalších zkoušek a zlepšení technologie výroby.

12. EXPERIMENT

Hlavní podmínky provedení experimentu jsou:

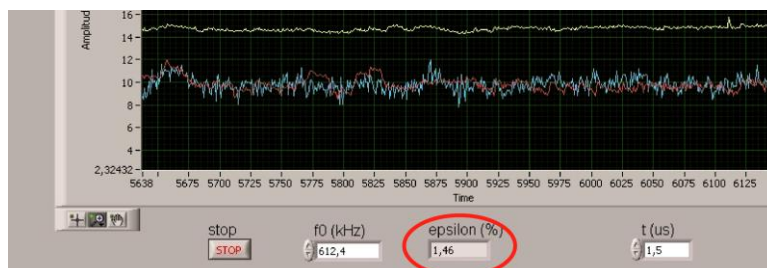
- Provedení experimentu v klimatizované místnosti za stejné teploty okolí
- Probandka nesmí vykonávat jakýkoliv pohyb při provedení experimentů
- Jedno měření bylo provedeno v časovém rozsahu 30 minut.

12.1 Postup experimentu:

- 1) Probandka se musí nacházet v klimatizované místnosti během doby adaptace, t.j. 20 minut, bez podprsenky a nesmí vykonávat žádný pohyb.
- 2) Zaznamenat teplotu okolí a vlhkost vzduchu, nastavit parametry termovizní kamery (viz. Tab. 7)
- 3) Zapnout software LabView a nastavit počáteční frekvence kmitání snímačů
- 4) Připravit experimentální podprsenku se snímači určenými měření
- 5) Označit body měření. (viz. Kapitulu „Označování bodu“)
- 6) Po době adaptace zaznamenat počáteční povrchovou teplotu kůže označovaných bodů na těle probandky pomocí snímku termovizní kamerou
- 7) Obléknout experimentální podprsenku.
- 8) Probandka má navlečenou podprsenku celou dobu reakce, t.j. 30 minut.
- 9) Po splynutí 30 minut, zaznamenat hodnoty deformace v programu LabView (viz. Obr. 31)
- 10) Svléknout podprsenku a nasnímat stav „po nošení podprsenky“ pomocí termovizní kamery.

11) Probandka se nachází ve stavu „klidu“ bez podprsenky celou dobu relaxace, t.j. 15 minut.

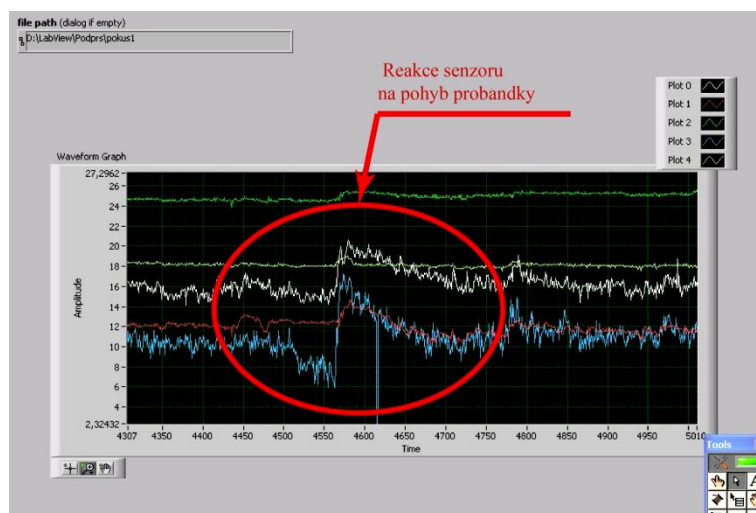
12) Zopakovat postup 10 krát.



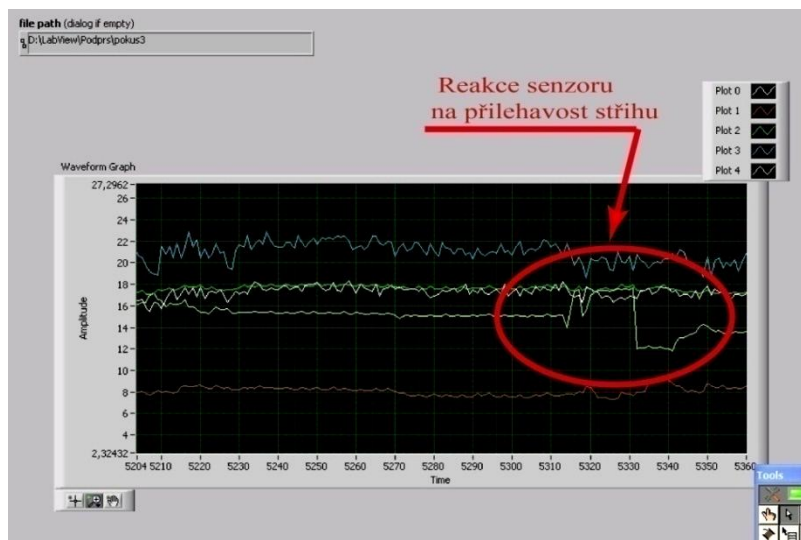
Obr. 33 Ukazka pole „epsilon“ v programu LabView

Chyby, které se mohou objevit v průběhu provedení měření, jsou ovlivněné:

- citlivostí kapacitních senzorů na vnější okolí,
- vykonáním pohybu v průběhu měření (viz. Obr. 32)
- přiléhavostí stříhu podprsenky v místě umístění snímače (viz. Obr. 33)

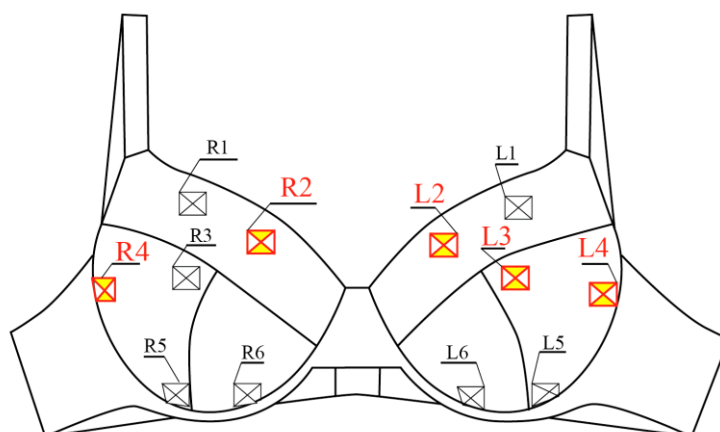


Obr. 34 Ukazka reagování senzoru na vykonání pohybu probandkou



Obr. 35 Ukazka reagování senzoru na přiléhavost stříhu v místě umístění senzoru.

Citlivost senzoru je výhodou pro experiment v případě měření menších hodnot komprese, ale vyžaduje pečlivé dodržení podmínek experimentu. V jiném případě citlivost senzoru může ovlivnit výsledky měření. V průběhu experimentu bylo zjištěno, že funguje jen 5 senzorů, které jsou umístěny v bodech: R2, R4, L2, L3, L4 (viz obr.34). Příčiny zničení ostatních nejsou známy. Existuje velké množství faktorů, které by mohly způsobit rozbití senzoru. Mohou být způsobeny technologií výroby senzoru, technologií ušití podprsenky, nebo vniknutím vzduchu mezi vrstvy a destičku senzoru atd.



Obr. 36 Označení senzorů, které jsou funkční.

13. ZPRACOVÁNÍ DAT

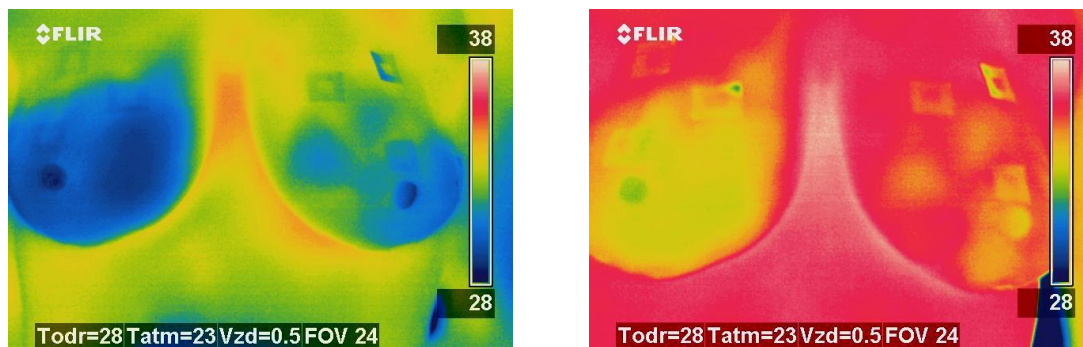
V tab. 8 jsou hodnoty změny teploty mezi klidovým stavem a po nošení podprsenky v časovém rozsahu 30 minut, data jsou snímána termovizní kamerou a zpracována v programu ThermoCam Research. V příloze v tab. 11 jsou uvedeny hodnoty povrchové teploty kůže v označených bodech při provedení experimentu.

Změna povrchové teploty kůže Δ [°C]	Body na pravém prsu							Body na levém prsu					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6		L1	L2	L3	L4	L5	L6
1	2,3	0,6	0,2	1,2	2	1		2,1	3,7	1,8	3,1	2,9	3,8
2	2,9	2	1,7	2,1	1,9	1,5		2,9	3,7	1,8	3,7	2,7	2,9
3	2,2	0,7	0,4	1,4	1,7	0,9		2,2	3,3	1,3	2,5	1,7	1,9
4	1,7	0,1	0	0,6	0,7	0,5		2	2,7	0,7	2,9	2,4	2
5	2,6	1,1	1,7	3,3	2	1,5		2,9	1,7	2,7	3,4	3	3,2
6	2,8	1,7	2	3,4	1	1		3,4	3	2,9	3,2	2,1	1,5
7	2,7	1,9	2	3,2	2	1,1		3,1	2,9	2,6	2,9	2,3	1,8
8	1,6	0,4	0,8	2	0,4	1		2	2	1,7	2,3	1,2	0,8
9	2,2	0,5	1	2,9	1	0,2		2,3	2,5	1,7	1,9	1,9	1,4
10	2,6	1,4	1,2	2,6	0,9	0,3		2,7	2,7	2,3	2,7	2	1,4
\bar{x}	2,36	1,04	1,10	2,27	1,36	0,90		2,56	2,82	1,95	2,86	2,22	2,07

Poznámka: růžovou barvou označené sloupce bodů, ve kterých jsou umístěny fungující snímače tlaku.

Tab.8 Změna povrchové teploty kůže při provedení experimentu.

Je potřeba se uvědomit, že změna teplotního reliéfu na levém prsu je rychlejší a větší. Příčinou tohoto jevu je fyziologická struktura člověka, umístění srdce a srdeční arterie na leve straně. Na obr. 35 v IČ spektru je vidět, jak se změní teplota v průběhu experimentu a jak se rozdílně mění teplota na levém a pravém prsu.



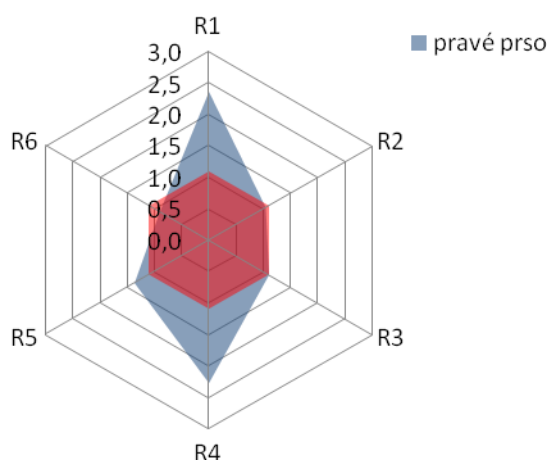
a) klidový stav

b) stav po nošení podprsenky

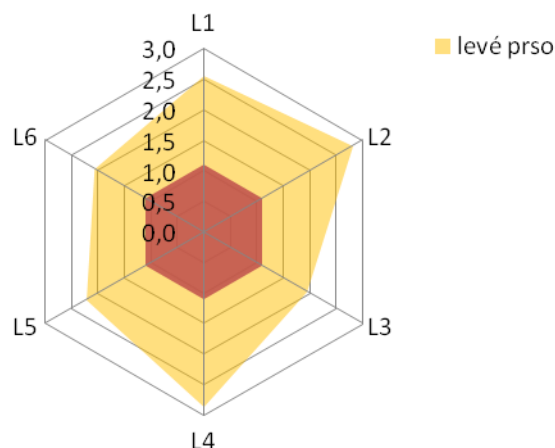
Obr. 37 Ukazka změny teplotního reliéfu v průběhu experimentu. Snímek IČ spektru.

13.1 Zony komfortu

V tab. 3 dle literatury [18] je uvedena hodnota možného kolísání teploty, které si lze uvědomit jako komfortní hranici kolísání teploty. Je $\pm 1,1^{\circ}\text{C}$. Na základě dat z tab. 8 a známé hranice komfortního kolísání teploty lze nakreslit graf zony komfortu podprsenky (viz. Graf 2 a 3)



Graf 2 Zóna komfortu na pravém košíčku podprsenky na základě metodiky změny teplotního reliéfu kůže.



Graf 3 Zóna komfortu na levém košíčku podprsenky na základě metodiky změny teplotního reliéfu kůže.

Pro docílení komfortu musí být splněny podmínky rovnováhy sil působících v podprsence a rovnice rovnováhy se musí rovnat nule. Znamená to, že součet sil působících v daných bodech musí se rovnat nule. V bodech, které ukazují odchýlení od zóny komfortu na grafu 2 a 3, rovnice rovnováhy se nerovná nule, což znamená, že rozložení působících sil v těchto bodech není rovnoměrné. Na obr. 36 je ukázka sil působících v podprsence při provedení experimentu.

Na pravém prsu největší změny teploty kůže vykazují body R4 a R1, t.j. v těchto bodech rovnice rovnováhy podprsenky není rovna nule. Na bod R4 působí síla napětí sedla F_n a síla odporu prsní žlázy N_v (viz obr.2). Na bod R1 působí síla napětí ramínka F_6 a gravitační síla prsní žlázy P (viz obr.2). Z rovnice rovnováhy vyplývá:

pro bod R1 projekce na osu Z:

$$\overline{F_6} \neq \overline{P}, \quad (14)$$

pro bod R4 projekce na osu Y:

$$\overline{N_v} \neq \overline{F_n} * \sin \alpha, \quad (15)$$

Abychom docílit rovnováhy v tomto bodě, musí síla napětí sedla F_n musí směřovat příčně k síle odporu prsní žlázy N_v , t.j.

$$\overrightarrow{F_n} \perp \overrightarrow{N_v}, \quad (16)$$

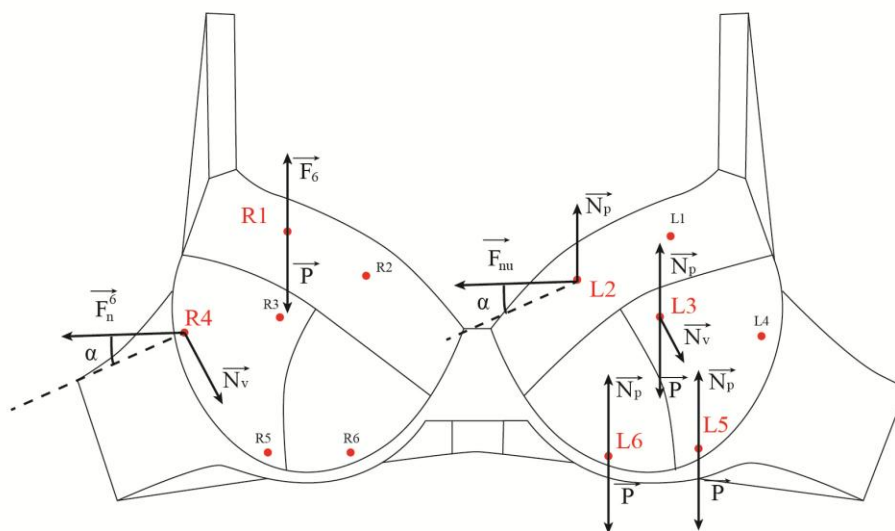
Na levém prsu je vidět stejnou situaci v bodech L1 a L4, pro ní platné vztahy (14), (15), (16), stejné jako pro R1 a R4. Na bod L2 působí síla pružnosti prsní žlázy N_p a síla napětí centrální části sedla F_{nu} . Pro L2 platí vztah:

$$\text{Projekce na osu Z: } \overline{N_p} \neq \overline{F_{nu}} * \sin \alpha, \text{ pro docilení rovnováhy } \overline{F_{nu}} \perp \overline{N_p}, \quad (17)$$

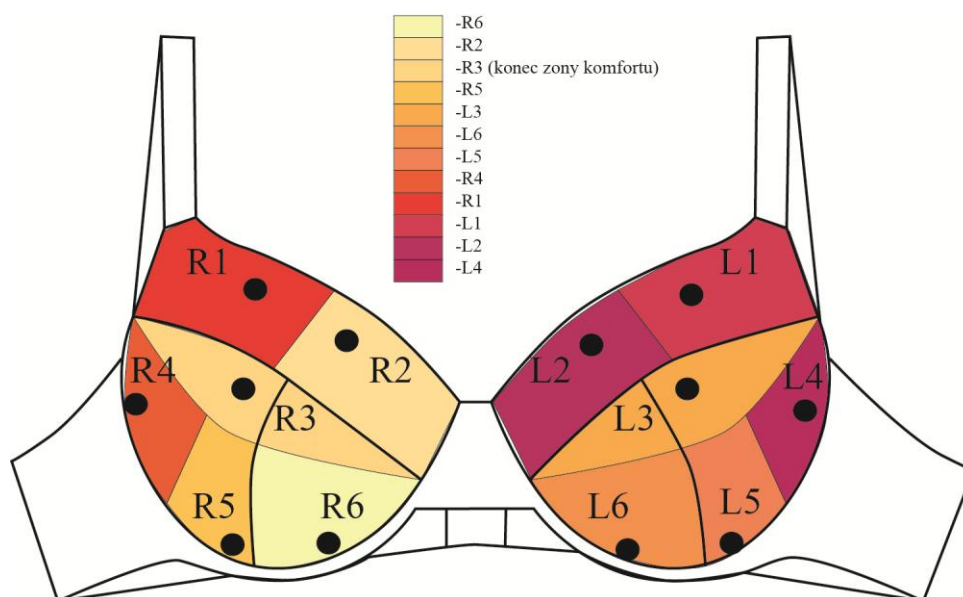
Na bod L3 působí síla odporu prsní žlázy N_v , síla pružnosti prsní žlázy N_p a gravitační síla prsní žlázy P . Pro L3 platí vztah:

$$\text{Projekce na osu Z: } \overline{N_p} \neq \overline{P}, \quad (18)$$

Na body L5 a L6 působí gravitační síla prsní žlázy P a síla pružnosti prsní žlázy N_p . Pro L5 a L6 platí vztah (18).



Obr. 38 Ukázka sil působících na košíček podprsenky při provedení experimentu.



Obr.39 Zóny komfortu na košíčku podprsenky.

13.2 Experiment pomocí metodiky snímání kapacitními snímači

V tabulce č.9 jsou uvedena data snímána kapacitními snímači. Podle vztahu (13) vypočítaného po provedení kalibrace snímače jsou spočítány hodnoty tlaku v kPa, který působí na košíček podprsenky. Když srovnáme data experimentu s dovolenou kompresí hrudní oblasti dle studia Lim [12], je vidět, že střední hodnoty tlaku nepřesahují dovolené hodnoty komprese. Obrázky grafu experimentu uvedené v příloze obr. 2.

	Číslo grafu na obrázku, "plot"				
	3	4	0	1	2
	Deformace ε v %				
Označované body na těle	R2	R4	L2	L3	L4
1	12,21	17,25	13,39	11,09	24,86
2	8,56	14,99	19,14	9,19	18,02
3	23,74	12,58	21,73	9,05	16,93
4	23,48	8,16	24,24	6,59	16,72
5	15,07	16,05	13,29	10,55	25,41
6	18,8	9,21	14,78	13,03	18,75
7	34,31	14,03	13,24	13,66	20,74
8	15,54	9,74	10,69	11,94	16,5
9	26,7	12,3	23,12	13,38	20,11
10	34,04	13,35	21,12	16,03	19,67
\bar{x}	21,25	12,77	17,47	11,45	19,77
Číslo experimentu	Tlak v kPa				
Body	R2	R4	L2	L3	L4
1	0,12	0,26	0,15	0,09	0,59
2	0,04	0,19	0,33	0,05	0,29
3	0,53	0,13	0,44	0,05	0,25
4	0,52	0,03	0,55	0,01	0,25
5	0,19	0,22	0,14	0,08	0,61
6	0,32	0,05	0,19	0,14	0,32
7	1,14	0,16	0,14	0,15	0,40
8	0,21	0,06	0,08	0,11	0,24
9	0,68	0,12	0,50	0,15	0,37
10	1,13	0,15	0,41	0,22	0,35
\bar{x}	0,45	0,15	0,28	0,10	0,39

Tab. 9 Data experimentu dle metodiky snímání hodnot komprese kapacitními snímači.

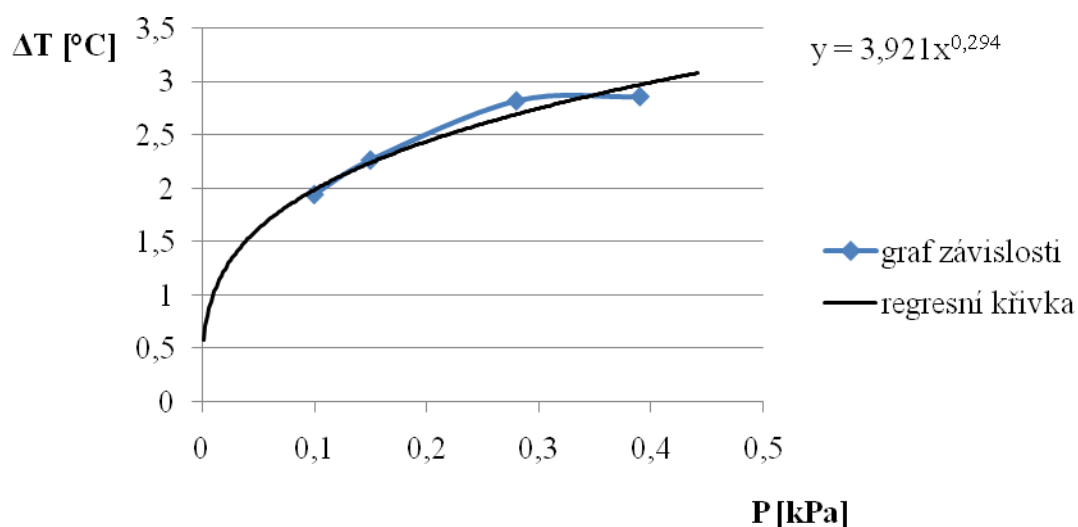
Je třeba si uvědomit, že snímač v bodě R2 nepřiléhá k tělu probandky, tento omyl je způsoben střihem podprsenky. Proto data snímaná senzorem R2 nebudou použita pro další zpracování dat.

13.3 Srovnání dat dvou metodik.

Srovnání výsledných dat měření pomocí termovizního snímání komprese a snímání komprese kapacitními snímači uvedené v tab. 10. Podle dat z tabulky č.10 je nakreslen graf č. 4 závislosti změny teploty ΔT [°C] na tlaku P [kPa].

Body označené na těle	Tlak P [kPa]	Změna teploty ΔT [°C]
L3	0,1	1,95
R4	0,15	2,27
L2	0,28	2,82
L4	0,39	2,86

Tab.10 Srovnání dat dvou metodik.



Graf. 4 Závislosti změny teploty ΔT na tlaku P .

Závislost je určena podle vztahu regresní přímky, která prochází nejbližší k bodům grafu. Změna teploty nesmí přesahovat určený rozdíl teplot. Proto graf je vytvořen mocninou regrese. Při rostoucích hodnotách tlaku roste změna teploty do hraniční hodnoty rozdílu teplot a nepřesahuje kritické hodnoty. Tato situace je způsobena fyziologickou podmínkou povchové teploty kůže, která má svoji minimální a maximální hodnotu.

14. ZAVĚR A SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Definované cíle této DP byly splněny. Byla navržena a ověřena metodika zjišťování komfortu zpevňovacího prádla, a to zjištění závislosti mezi změnou povrchové teploty kůže a hodnotou tlaku, který působí v košíčku podprsenky.

V teoretické části jsou definovány požadavky komfortu na zpevňovací prádlo a vysvětlená problematika řešení komfortu podprsenky podle výzkumu, které byly provedené ve vědeckém světě. Byla objevena problematika existujících metodik řešení a zjišťování působení svěrných účinků zpevňovacího prádla na lidské tělo.

Pro studium svěrných účinků podprsenky na tvar ženského těla byla provedena řaděšně výběru konstrukce stříhu podprsenky, která by měla odpovídat požadavkům komfortu. Byly vypracované zkušební vzorky podprsenky z neelastického materiálu, z důvodu vyloučení vlivu elasticity materiálu v konstrukčním řešení podprsenky. Výběr konečné konstrukce, padnutí zkušebních vzorků na probandce a realizace výrobku je popsáno v kapitole č. 4 (viz. obr. 20).

Pro posuzování kompresních účinků byla vybrána metodika termovizního snímání. Výstupem je definice zón komfortu v oblastech košíčku podprsenky, levého a pravého (viz. graf č.2 a graf č.3). Při srovnání těchto dvou grafů je vidět, že změny teplot po nošení podprsenky na levém prsu jsou větší, než na pravém. Tento jev lze vysvětlit tím, že na levé straně lidského těla je umístěné srdce a srdeční arterie. Je vidět, že bod R1 a R4 (viz. graf č.2) ve srovnání z bodem L1 a L4 (viz. graf č.3) ukazují přibližně stejnou změnu povrchové teploty kůže. Ostatní pozorované body R2, R3, R5, R6 na pravé straně a body L2, L3, L5 a L6 ukazují odlišné hodnoty změny povrchové teploty kůže.

Pro definované přípustné zóny komfortu byla vybrána hodnota dovoleného kolísání teploty v hrudní oblasti při teplotě okolí 20°C , která se rovná $\pm 1,1^{\circ}\text{C}$ (viz. tab. 3, dle literatury [18]). Body pro posuzování komfortu podprsenky podle dané metodiky jsou zobrazené na obr. 37, str. 62

Data termovizního snímání jsou ovlivněna množstvím fyziologických faktorů, které jsou individuální pro každou ženu, tj. tvarem postavy ženy, jejím věkem a zdravotním stavem.

Druhou experimentální metodou pro posuzování komfortu zpevňovacího prádla je metodika měření kompresních účinků pomocí kapacitních snímačů. Snímače byly

vyvinuty na Ústavu mechatroniky, informatiky a mezioborových studií TUL Doc. Ing. Miroslavem Svobodou a Ing. Ph. D. Lubomírem Slavíkem. Snímače byly zabudovány mezi vrstvy do košíčků podprsenky v experimentálně omezených místech. Senzory zaznamenávaly hodnoty deformace tloušťky košíčků podprsenky. Pomocí provedení kalibrace byla vypočítána úměrná závislost mezi hodnotou deformace a silou tlaku, který působí na plochu senzoru. Pro hodnocení svěrných účinků byla použita norma komprese zdravotních punčoch ([13]). Bylo naměřené, že hodnoty (od 2,4 kPa do 2,8 kPa) kompresních sil působících v košíčku podprsenky nejsou v uvedeném rozsahu kompresních tříd, jsou menší, než je uvedeno v nejnižší I. třídě komprese - nízká komprese. Pro další hodnocení byly využity hodnoty z práce Lim ([12]) provedené řešerší v rámci teoretické části, kde uvádí hodnoty dovolené komprese určené pro oblast trupu, a to 441,3 Pa - 882,6 Pa. Lze konstatovat, že testovaná podprsenka v rámci provedeného experimentu je komfortní z hlediska kompresních účinků a doporučených hodnot komprese.

Při provedení srovnání v rámci experimentálních dat měření svěrných účinků podprsenky, bylo zjištěno, že existuje exponenciální závislost mezi změnou povrchové teploty kůže a hodnotou tlaku, působícího v košíčku podprsenky (viz. graf č. 4).

Doporučeno pro další výzkum:

- 1) Provedení ve větším rozsahu kalibrace kapacitního snímače, a tím přesněji stanovit citlivost senzoru.
- 2) Studovat řešenou problematiku mezioborově.
 - Sledovat dovolené hodnoty komprese v oblasti měkkých tkání v prsní oblasti.
 - Studia rozlišení zón komfortu pro levou a pravou stranu hrudníku, a ovlivnění fyziologických faktorů umístění srdce na změnu povrchové teploty kůže.
 - Studia vlivu fyziologických vlastností menstruačního cyklu na komfort nošení zpevňovacího prádla žen.
- 3) Konstrukční řešení komfortu zpevňovacího prádla dolní části těla.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Balandina G. V.* Disertační práce. Разработка информационного и методического обеспечения для трехмерного проектирования корсетных изделий. Ивановская государственная текстильная академия. Ivanovo 2009
- [2] *Il Modellissimo.* Istituto di burgo 2004. ISBN 88-900101-5-0
- [3] *Rundschau: Sammelband Schnittkonstruktionen für Damenbekleidung nach Müller&Sohn,* 5/2002
- [4] *Kristina Shin Ph. D.,* Pattern Making for Underwear Design. ISBN 978-1451511598. USA 2010
- [5] *Nethero S.* Method for optimization of bra fit and style for all body sizes and types and for wearing with a variety of clothing styles. (2007) USPTO, U.S. 11/829,568
- [6] *Chan C., Yu W., Newton E.,* Evaluation and analysis of bra design,(2001), The Design Journal, 4(3),33-40
- [7] *Improving comfort in clothing.* Guowen Song. Textile Institute. Woodhead publishing limited. 2011 ISBN 978-1-84569-539-2
- [8] *Ikuta N.* Hygienic studies of foundation garments part 1: Effects on subjective observations, clothing climate and clothing observations, Japanese Journal of Hygiene, 25. 344-349
- [9] *Singer S R and Soma G*(1995), Dressed to kill: The link between breast cancer and bras, Sydney, Avery Publishing Group
- [10] *Ivkin M. P.* Disertační práce. Совершенствование методов проектирования корсетных изделий с учетом особенностей телосложения женских фигурю. 04201055678. Moskva 2010
- [11] *Fan J and Chan A P* (2005) Prediction of girdle's pressure on human body from the pressure measurements on a dummy, International Journal of Clothing Science and Technology, 17,6-12
- [12] *Lim N Y, Ng S P, Yu W and Fan J* (2006), Pressure evaluation of intimate apparel, in Innovation and Tchnology of Women's Intimate Apparel, W Yu, et. Al., Editors, Cambridge:Woodhead Publishing Limited, p.168
- [13] *Medical compression Hosiery.* Deutsches Institut Für Gütesicherung und Kennzeichnung E.V. Quality Assurance RAL-GZ 387. Edition September 2000
- [14] *Sugimoto H,* 'Compression of body by clothing: increase in urinary norepinephrine

excretion caused by foundation garments', *Japanese Journal of Hygiene*, 1991 **46**(2) 709–714.

[15] *Kikifuji N and Tokura H*, 'Disturbance of the duration in the menstrual cycle under the influence of tight clothing', *Biological Rhythm Research*, 2002 **33**(3) 279–285.

[16] Oficiální webová stránka společnosti Workswell. Aplikace. (<http://www.workswell.cz/zdravotnictvi-medicina-lekarstvi/> [online])

[17] *Dr. med. Fritz H. Hemmerich*. InfraTec solution: VarioCAM® high resolution head Eridanos – Centre for Salutogenesis (<http://www.workswell.cz/wp-content/uploads/2013/01/Aplikace-infracervene-termografie-v-medicine.pdf> [online])

[18] *Doc. Ing. Aleš Drastich CSc.*, Netelevizní zobrazovací systémy.

ISBN 80-214-1974-1 Brno 2001, str.74-76

[19] Webová stránka doktora Sergeja Kozlovskogo. **Физиологические колебания температуры.** 2012

(<http://dockozlovsky.ru/meditsinskaya-termografiya/termoregulyatsiya-cheloveka/fiziologicheskie-kolebaniya-temperaturvi> [online])

[20] *Ďad'o, S. - Kreidl, M.*: Sensors and Measuring Circuits 1. ed. Prague : CTU, 1996. 315 p. ISBN 80-01-01500-9. (in Czech). ČVUT: Faculty of Electrical Engineering, Department of Measurements 1996, str.65

[21] *Platil, A., Ripka, P.*: Senzory a převodníky. Skripta ČVUT, Praha 2005

ISBN 80-01-03123-3

[22] ČSN EN 13402-3 (2005), „Označování velikostí oblečení-Část 3:Rozměry a intervaly“ Praha, Český normalizační institut.

[23] *Blažena Musilová*. Disertační práce. Predikce konstrukčních parametrů střihu korzetových výrobků. Katedra oděvnictví. TUL 2012

[24] *Вальдман В.А.* Сосудистый тонус. - Л.: Гос. изд-во медицинской литературы, 1960. — 295 с.

[25] Přednáška Teoretické základy bezdotykového měření STE. KOD. Str.18 TUL Liberec

[26] Webová stránka Centru Termografie. Článek „Chyby a omyly-aneb motivační část“.

(<http://www.centrumtermografie.cz/chyby-a-omyly-aneb-motivacni-cast/> [online])